

Departement für Kleintiere, Abteilung für Zoo-, Heim- und Wildtiere
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Leitung: Prof. Dr. Jean-Michel Hatt

Untersuchungen zur Schichtung des Vormageninhalts bei Hausrindern und Wildwiederkäuern

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Dorothee Bayer

Tierärztin
aus München, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. Jean-Michel Hatt, Referent

Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum, Korreferent

Zürich 2007

Oli

Inhaltsverzeichnis

I. Zusammenfassung, Summary.....	9
1. Zusammenfassung	9
2. Summary	10
II. Einleitung	11
III. Literaturübersicht	12
1. Wiederkäuer-Äsungstypen	12
1.1 Traditionelle Einteilung und morphophysiologische Differenzierung	12
1.1.1 Einteilung in Äsungstypen.....	12
1.1.2 Morphologische Unterschiede zwischen den Äsungstypen.....	13
1.1.3 Physiologische Unterschiede zwischen den Äsungstypen	16
1.1.4 Unterschiede im Verhalten zwischen den Äsungstypen	18
1.2 Kritik der traditionellen Einteilung	18
1.2.1 Kritik aufgrund konventioneller statistischer Tests.....	18
1.2.1.1 Kritik an postulierten morphologischen Unterschieden	18
1.2.1.2 Kritik an postulierten physiologischen Unterschieden	19
1.2.2 Kritik aufgrund phylogenetisch kontrollierter statistischer Tests	21
2. Schichtung des Panseninhalts	22
2.1 Hauswiederkäuer	22
2.2 Wildwiederkäuer.....	32
2.3 Studienziel	35
IV. Material und Methoden.....	36
1. Versuchsaufbau.....	36
2. Tiere.....	36
2.1 Haltung der Ochsen mit Pansenfistel	37
2.2 Freilebende Tiere	37
2.3 Geschlachtete Tiere	39
2.3.1 Bison	39
2.3.2 Mendesantilope	39
3. Probennahme.....	40
3.1 Probennahme bei den fistulierten Ochsen.....	40
3.2 Probennahme bei Wildwiederkäuern.....	40
3.2.1 Entnahme und Eröffnung des Verdauungstraktes.....	40
3.2.2 Entnahme der Proben.....	41
4. Untersuchungsmethoden	42
4.1 TS- Bestimmung	42
4.2 Siebanalyse	42
4.3 Analyse des Pansensaftes	42
4.4 Statistik	43

V. Resultate	44
1. Untersuchung an fistulierten Ochs	44
1.1 Nicht quantifizierte Beobachtungen	44
1.2 Vormageninhalt: Trockensubstanz-Gehalt	44
1.2.1 Unterschiede zwischen den Lokalisationen	44
1.2.2 Unterschiede zwischen den Rationen	44
1.3 Vormageninhalt: Partikelgrößen-Verteilung	45
1.3.1 Ganzer Pansen: Unterschiede zwischen den Rationen	45
1.3.2 Vormagenabschnitte: Unterschiede zwischen den Rationen	47
1.4 Pansensaft	49
1.5 Flotationsversuche	50
1.5.1 Ganzer Pansen: Unterschiede zwischen den Rationen im flotierenden Partikelanteil	50
1.5.2 Vormagenabschnitte: Unterschiede zwischen den Rationen im flotierenden Partikelanteil	50
1.5.3 Ganzer Pansen: Unterschiede zwischen den Rationen in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln	52
1.5.4 Vormagenabschnitte: Unterschiede zwischen den Rationen in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln	52
2. Vergleich der zwei Addax-Gruppen	58
3. Untersuchungen an grossen Wildwiederkäuern (Addax, Bison, Rotwild, Elch)	59
3.1 Nicht quantifizierte Beobachtungen	59
3.2 Vormageninhalt: Trockensubstanz-Gehalt	59
3.3 Vormageninhalt: Partikelgrößen-Verteilung	60
3.3.1 Ganzer Pansen	60
3.3.2 Vormagenabschnitte	61
3.4 Pansensaft	62
3.5 Flotationsversuche	65
3.5.1 Ganzer Pansen: Unterschiede im flotierenden Partikelanteil	65
3.5.2 Vormagenabschnitte: Unterschiede im flotierenden Partikelanteil	65
3.5.3 Ganzer Pansen: Unterschiede in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln	66
3.5.4 Vormagenabschnitte: Unterschiede in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln	67
4. Untersuchungen an kleinen Wildwiederkäuern (Mufflon, Reh)	69
4.1 Nicht quantifizierte Beobachtungen	69
4.2 Vormageninhalt: Trockensubstanz-Gehalt	70
4.3 Vormageninhalt: Partikelgrößen-Verteilung	71
4.4 Pansensaft	71
4.5 Flotationsversuche	71
4.5.1 Ganzer Pansen: Unterschiede im flotierenden Partikelanteil	71
4.5.2 Ganzer Pansen: Unterschiede in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln	73

VI. Diskussion	75
1. Kritik der Methoden	75
1.1 Probennahme.....	75
1.2 Analytische Verfahren	76
1.2.1 Flotationsverfahren	76
1.2.2 Siebanalytik	77
1.2.3 Viskositätsbestimmung	77
2. Diskussion der Ergebnisse	78
2.1 Schichtungseigenschaften des Pflanzenmaterials	78
2.2 Untersuchungen zur Pansenschichtung	81
2.2.1 Beobachtungen zur Fasermatte	81
2.2.2 Untersuchungen zur funktionellen Dichte.....	82
2.2.3 Untersuchungen zur Partikelgrösse	83
2.2.4 Untersuchungen zum TS-Gehalt.....	85
2.3 Untersuchungen zu Parametern des Pansensaftes.....	88
2.3.1 Verschiedene Parameter mit Einfluss auf die Viskosität des Pansensaftes.....	88
2.3.2 Anatomische Konsequenzen	90
VII. Schlussfolgerung	93
VIII. Literaturverzeichnis.....	95
IX. Appendix.....	109
X. Danksagung	139

Verzeichnis der Abkürzungen

Die aufgeführten Abkürzungen werden in der vorliegenden Arbeit verwendet.

BR	browser, Laubäser
°C	Grad Celsius
cm	Zentimeter
CS	concentrate selectors, Konzentratsselektierer
F	flotierender Anteil
g	Erdschwerebeschleunigung oder Gramm
GH	Grasheu
GR	grazers, Grasäser, frisches Gras
h	Stunde
ha	Hektar
IM	intermediate feeders, Mischäser, Intermediärtypen
KF	Krafffutter
kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
l	Liter
LH	Luzerneheu
min.	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MOF	modulus of fineness
N	Stickstoff
n.s.	nicht signifikant
Omas.	Omasum
OVF	Oberflächen-Vergrößerungs-Faktor
Ret.	Reticulum
Rp	Rohprotein
Rum. dors.	dorsaler Pansensack
Rum. ventr.	ventraler Pansensack
S	sedimentierender Anteil
TS	Trockensubstanz

I. Zusammenfassung. Summary

1. Zusammenfassung

Bei der Diskussion über potenzielle Unterschiede in der Verdauungsanatomie und –physiologie zwischen grasäsenden und laubäsenden Wiederkäuern kommt der Frage, ob sich im Panseninhalt der jeweiligen Äsungstypen eine Schichtung einstellt oder nicht, eine zentrale Rolle zu. Ziel dieser Arbeit war es daher, an mit einer Pansenfistel versehenen Ochsen verschiedene Variablen zur Schichtung des Panseninhalts zu erheben, auf ihre Tauglichkeit zur Darstellung einer Schichtung zu prüfen, und diese dann am Vormageninhalt von im Rahmen von Jagden erlegten (Rothirsch *Cervus elaphus*, Elch *Alces alces*, Mufflon *Ovis ammon musimon*, Reh *Capreolus capreolus*) oder an naturnah gehaltenen und geschlachteten (Mendesantilope *Addax nasomaculatus*, Bison *Bison bison*) Wildwiederkäuern zu erheben und zu vergleichen. Die Untersuchungen wurden bei den Ochsen mit drei verschiedenen Futterrationen (Grasheu, Luzerneheu, frisches Gras) durchgeführt; die freilebenden Wildwiederkäuer wählten ihre Nahrung in ihrem Habitat selbst; die Mendesantilopen erhielten Grasheu ad libitum, und die Bisons standen auf einer Grasweide. Es wurde der Inhalt des dorsalen und ventralen Pansens und des Netzmagens auf den Trockensubstanz(TS)-Gehalt, die Partikelgrößen-Verteilung (mittels Nass-Siebung) sowie das Flotationsverhalten (Fraktionierung von in McDougallschem Puffer flotierender und sedimentierender Substanz mit anschliessender Nass-Siebung) untersucht. Zudem wurde in durch Zentrifugation gewonnenem Pansensaft der TS-Gehalt, die Viskosität und der Rohproteingehalt bestimmt. Vormageninhalt jedweder Spezies oder Futterration trennte sich nach Flotation in einen flotierenden Anteil mit mehr grossen und einen sedimentierenden Anteil mit mehr kleinen Partikeln auf. Diesbezüglich ist daher kein Unterschied im Schichtungsverhalten der verschiedenen aufgenommenen Futtertypen zu erwarten. Bei den Ochsen liess sich eine Schichtung des Panseninhalts zwar prinzipiell anhand aller drei Variablen demonstrieren, doch war dies nur für den TS-Gehalt unabhängig für die Futterart und jedweden Zeitpunkt nach Futteraufnahme der Fall. Sowohl die Größenverteilung der Partikel als auch der Unterschied im Anteil von flotierenden/sedimentierenden Partikeln in dorsalem und ventralem Pansen wiesen bei manchen Rationen in Abhängigkeit von der Zeit Abweichungen auf. Bei den Wildwiederkäuern war anhand dieser letzten beiden Variablen kein Unterschied im Schichtungsverhalten zwischen den Arten darstellbar. Hingegen zeigte sich, dass die Grasäser Mendesantilope, Bison und Mufflon signifikante Unterschiede im TS-Gehalt zwischen dorsalem (trockener) und ventralem (feuchter) Panseninhalt aufwiesen, während dies bei den Laubäsern Elch und Reh nicht der Fall war; der Mischäser Rotwild nahm dabei eine Zwischenstellung ein. Zudem wiesen die Laubäser Elch und Reh signifikant höhere Viskositäten und TS-Gehalte im Pansensaft auf. Die Schichtung des Panseninhalts von Grasäsern erscheint damit gekennzeichnet durch eine Übersättigung mit einer niedrigviskosen Flüssigkeit. In einem solchen Medium kann eine Auftrennung der Partikel nach ihrer Grösse durch Flotation/Sedimentation vermeintlich leichter geschehen als in dem homogenen, viskosen Panseninhalt der Laubäser. Diese Studie ist die erste quantitative Charakterisierung zum Schichtungsverhalten von Panseninhalt im zwischenartlichen Vergleich.

2. Summary

In the discussion of potential differences in digestive anatomy and physiology between grazing and browsing ruminants, the question whether the rumen contents of the respective feeding types develop a stratification or not has been considered central. Therefore, it was the aim of this study to measure indicator variables for stratification in fistulated oxen, assess their potential to demonstrate such a stratification, and then to measure these variables in the forestomach content of free-ranging animals killed during hunts (red deer *Cervus elaphus*, moose *Alces alces*, mouflon *Ovis ammon musimon*, roe deer *Capreolus capreolus*) or animals kept under semi-natural conditions and slaughtered (Addax antelope *Addax nasomaculatus*, Bison *Bison bison*). In oxen, three different diets (grass hay, lucerne hay and fresh grass) were used; free-ranging wild ruminants chose their own food; addax were offered grass hay, and bison were kept on grass pastures. The contents of dorsal and ventral rumen and reticulum were analysed for dry matter (DM) content, particle size distribution (measured by wet sieving) and flotation characteristics (separation into fractions floating and sedimenting in McDougall's buffer with subsequent wet sieving). Additionally, centrifuged rumen fluid was analysed for viscosity, DM and crude protein content. Rumen contents of any species or food ration separated into a floating fraction with larger, and a sedimenting fraction with smaller particles. In this respect, no difference in stratification behaviour between the different forages/diets can be expected. In oxen, a rumen contents stratification could generally be demonstrated by all three variables, but this only applied for DM content for all forages and time points. Particle size distribution as well as the proportion of floating particles did not indicate a stratification for certain time points after food intake in some diets. In wild ruminants, these two latter parameters did not allow to demonstrate a difference in rumen contents stratification between the species. In contrast, the grazer addax, bison and mouflon had significant differences in the DM content of dorsal (dry) and ventral (moist) rumen contents, whereas this was not the case in the browsers moose and roe deer. The intermediate feeder red deer had intermediate values. Additionally, the browsers moose and roe deer had a more viscous rumen fluid with a higher DM content. The stratification of the rumen contents of grazers thus appears characterized by an oversaturation with fluid of low viscosity. In such a medium, particles probably can more easily separate according to their size by flotation and sedimentation than in the homogenous, more viscous rumen contents of browsers. This is the first study quantifying characteristics of rumen contents stratification on an interspecies level.

II. Einleitung

In der Diskussion um die Einteilung von Wiederkäuern in verschiedene Äsungstypen – begründet von HOFMANN (1968, 1969, 1973, 1988, 1989) wurde in jüngerer Zeit der Schichtung des Panseninhalts vermehrte Bedeutung zugemessen (CLAUSS et al. 2001, CLAUSS et al. 2003a, CLAUSS et al. 2006a). Die von HOFMANN (1988) beschriebenen Unterschiede in der morphologischen Ausgestaltung des Wiederkäuer-Vormagens zwischen den Äsungstypen wurde mehrfach anhand unterschiedlicher Eigenschaften des bei Grasäsern vermeintlich geschichteten, bei Laubäsern vermeintlich ungeschichteten Panseninhalts erklärt (CLAUSS et al. 2003a, CLAUSS 2006).

Allerdings wurde auch immer wieder betont, dass ein wirklicher Beweis für einen Unterschied im Schichtungszustand des Panseninhaltes noch aussteht. Physiologische Messungen, wie die unterschiedliche Retention von flüssiger und partikulärer Phase im Vormagen (CLAUSS und LECHNER-DOLL 2001, HUMMEL et al. 2005, CLAUSS et al. 2006a), liefern letztendlich nur Hinweise, können aber nicht als beweisend für die Ausprägung einer Schichtung angesehen werden.

Ziel der Studie ist eine vergleichende Charakterisierung der Schichtung des Vormageninhalts verschiedener Wiederkäuer-Äsungstypen. Es soll anhand verschiedener Variablen geprüft werden, ob sich die Vermutung bestätigt, dass sich im Vormagen von Blattfressern keine bzw. eine weniger ausgeprägte Schichtung des Inhalts einstellt, und ob dies unter Umständen – wie von CLAUSS et al. (2001) vermutet – Unterschiede im Flotations- und Sedimentationsverhalten der unterschiedlichen natürlichen Äsung zurückgeführt werden kann. Dieser Unterschied zwischen den Äsungstypen könnte damit als eine der wesentlichen Ursachen für die morphophysiologische und ökologische Diversifikation der Wiederkäuer-Arten herausgearbeitet werden.

III. Literaturübersicht

1. Wiederkäuer-Äsungstypen

1.1 Traditionelle Einteilung und morphophysiologische Differenzierung

1.1.1 Einteilung in Äsungstypen

Wirbeltiere sind nicht in der Lage, die Faseranteile in Pflanzennahrung selbständig enzymatisch zu verdauen; hierzu wird die Hilfe von symbiotischen Darmbakterien benötigt, die Pflanzenfaser im Wesentlichen zu flüchtigen Fettsäuren fermentieren (STEVENS und HUME 1998). Diese symbiotische Darmflora wird dabei in der Regel in einem voluminösen Kompartiment des Verdauungstraktes beherbergt – entweder im Dickdarm bei den Caecum- und Colonfermentierern, oder in einem Vormagen bei den Vormagenfermentierern (STEVENS und HUME 1998). Die Wiederkäuer und Cameliden zählen zu den Vormagenfermentierern; diese Gruppen haben aufgrund ihrer Fähigkeit, das im Vormagen retinierte Futter durch wiederholte (Wieder-)Kauzyklen zusätzlich zu zerkleinern, die Effizienz der Nutzung von Pflanzenmaterial entscheidend gesteigert.

Der Wiederkäuermagen ist strukturell an bestimmte pflanzliche Nahrung angepasst. Unterschiede in der Morphologie des Verdauungstrakts bestimmter Wiederkäuer veranlassten HOFMANN (1968, 1969, 1973, 1988, 1989, 2000), die verschiedenen Wiederkäuer-Spezies drei Äsungstypen zuzuordnen: Grasäsern (grazers, GR), Mischäsern (intermediate feeders, IM) sowie Konzentratselektierern (concentrate selectors, CS).

Dieser Einteilung folgt eine zusätzliche Untergliederung in Untergruppen. Demnach unterscheiden HOFMANN und STEWART (1972) bei der Gruppe der Grasäser zwischen Arten, die vorwiegend Raufutter in Form von Grashalmen fressen (z. B. Kuhantilope, *Alcelaphus buselaphus cokii*), denen, die frisches Gras bzw. vor allem die Grasblätter fressen und damit von Wasser/Regen abhängig sind (z. B. Oribi, *Ourebia ourebi*) und Tieren, die an trockene Regionen angepasst sind (z. B. Nordafrikanische Oryxantilope, *Oryx beisa*). Die Konzentratselektierer werden unterteilt in Arten, die Baum- und Buschblätter fressen (z. B. grosser Kudu, *Tragelaphus strepsiceros*) und in diejenigen, die Früchte und Kräuter als Hauptnahrung aufnehmen (z. B. Buschbock, *Tragelaphus scriptus*). Ausserdem besteht bei den Mischäsern die Einteilung in Arten, die Gras bevorzugen (z. B. Thomsongazelle, *Gazella thomsonii*) und in solche, die Laub vorziehen (Grantgazelle, *Gazella granti*).

Die früher gern verwendeten Begriffe Grasäser (grazer) und Laubäser (browser) werden von HOFMANN und STEWART (1972) als Gegensatzpaar abgelehnt, da Laubäser ein zweideutiger Begriff sei. Nach diesen Autoren soll dieser Begriff manchmal hervorheben,

dass Dikotyledonen im Gegensatz zu Monokotyledonen gefressen werden, und ein andermal wiederum, dass die Holzgewächse unter den Dicotyledonen bevorzugt werden im Gegensatz zu den Pflanzen in der Kräuterschicht; somit sei mit der Bezeichnung Laubäser (browser) keine eindeutige Zuordnung möglich. Da es jedoch aufgrund der Bezeichnung „Konzentratsselektierer“ zu einem – vor allem in der Zootierhaltung – relevanten Missverständnis der notwendigen Fütterung solcher Wiederkäuerarten kommen kann (CLAUSS et al. 2003b), wird der Begriff hier vermieden und durch Laubäser (browser, BR) ersetzt.

Laubäser ernähren sich laut HOFMANN (1989, 1991) von rohfaserarmem, zellinhaltsstoffreichem, leicht verdaulichem und nährstoffreichem Futter. Sie benötigen grosse Mengen Laub, angeblich reich an Hemicellulosen (MARHOLDT und HOFMANN 1991). Grasäser dagegen nutzen vermeintlich zellwandreiches, d.h. cellulosereiches Futter (HOFMANN 1989) (man beachte, dass Hemicellulosen auch Zellwand-Bestandteile sind und in Gräsern allgemein in eher höheren Konzentrationen vorliegen als in Gras, z. B. HUMMEL et al. 2006). Der Intermediärtyp ist in der Lage, sich von unterschiedlicher Nahrung zu ernähren. Laut HOFMANN (1989) vermeiden diese Tiere solange wie möglich faserhaltiges Futter, können es aber zu einem gewissen Anteil verdauen, wenn auch nicht so gut wie Grasäser. Die Sichtweise, dass sich Gras- und Laubäser fundamental im Fasergehalt der aufgenommenen Nahrung unterscheiden, wurde in Frage gestellt (CLAUSS 2006); allerdings konnte gezeigt werden, dass es vermutlich einen fundamentalen Unterschied in der Fermentationscharakteristik zwischen Gras- und Laubmaterial gibt (HUMMEL et al. 2006)

1.1.2 Morphologische Unterschiede zwischen den Äsungstypen

Im Laufe der Evolution haben Wiederkäuer laut HOFMANN (1988) aufgrund ihrer unterschiedlichen Nahrungsgewohnheiten anatomische Besonderheiten entwickelt, die für die drei Äsungstypen bezeichnend sind. Nach HOFMANN (1988) repräsentieren dabei die laubäsenden Arten den ursprünglichen, evolutionär älteren Bauplan, während die Grasäser, die sich notwendigerweise erst nach der Verbreitung der Grasländer entwickeln konnten, den weiterentwickelten, evolutionär jüngeren Bauplan darstellen.

Nach HOFMANN (1988) haben Grasäser kurze Lippen und im Gegensatz zu Laubäsern eine kleinere Maulöffnung. Laubäser besäßen zwar weniger Gaumenstaffeln, dafür an dieser Stelle aber wesentlich mehr und längere Papillen als Grasäser. Auch bezüglich der Zunge gebe es Unterschiede. Rinder und Wasserbüffel (*Bubalus bubalis f. arnee*) haben eine kolbenähnliche Zunge, wohingegen Laubäser, wie der Elch (*Alces alces*) oder die Giraffe (*Giraffa camelopardalis*), eine spitze Zunge besitzen. Typisch für die unterschiedlichen Nahrungsgruppen sei vor allem die Verteilung und Grösse der mechanisch wirksamen und der gustatorischen Zungenpapillen: *Papillae vallatae* und *Papillae*

fungiformes seien bei Laubäsern in geringerer Anzahl zu finden als bei Grasäsern. Ausserdem enthalte eine *Papilla vallata* bei letzteren eine grössere Anzahl Geschmacksknospen als bei Laubäsern. Für HOFMANN (1988) deutet das darauf hin, dass sich Laubäser bei der Nahrungsauswahl eher nach ihrem Geruchssinn und Grasäser eher nach ihrem Geschmackssinn orientieren.

Ein weiterer wichtiger anatomischer Unterschied besteht in der Grösse der Speicheldrüsen. Die prominenteste unter ihnen, die Parotis, erreicht in der Gruppe der Laubäser ein Gewicht von 0.3 % des Körpergewichtes, bei Grasäsern aber nur ein Viertel bis ein Fünftel davon (HOFMANN 1988). Die Mandibulardrüse ist nach HOFMANN (1988) nur bei den Grasäsern grösser als die Parotis. Bei Laubäsern und dem Intermediärtyp verdeckt die Parotis sie grösstenteils. Auch die Unterzungendrüse ist bei den Grasäsern kleiner als bei den Laubäsern.

KIPLEL (1981) hat aufgezeigt, dass Intermediär-Typen mit Vorliebe für Gras einen mächtigeren Masseter haben als solche mit einer Vorliebe für Laub, und HOFMANN (1988) behauptet, dass Grasäser mit der grössten Kaumuskelanatzfläche ausgestattet sind.

Die Incisivi der Grasäser haben eine breite, schaufelähnliche Krone im Kontrast zu der meisselähnlichen, schmalen Krone der Laubäser (HOFMANN 1988).

Laut HOFMANN (1988) besitzt der Pansen bei allen 3 Gruppen die grösste Volumenkapazität des gesamten Vormagen-Magen-Komplexes. Diesem folgt bei den meisten Arten der Labmagen und in der Regel anschliessend der Netzmagen (HOFMANN 1988). Die Grasäser, die sich evolutionär später entwickelten, besäßen allerdings einen grösseren Blättermagen als Netzmagen; diese Beobachtung wurde später quantitativ bestätigt (CLAUSS et al. 2006b). Ausserdem bleibt der bei Kälbern sehr grosse Labmagen bei Grasäsern noch länger in seinem Volumen erhalten als bei Kälbern von Laubäsern im selben Alter, da letztere vermeintlich früher mit der Aufnahme von festem Futter beginnen (HOFMANN 1988).

Auffällig ist auch, dass der Pansen der Grasäser beide linke Quadranten der Bauchhöhle einnimmt und sich mit seinen Blindsäcken in die Beckenhöhle vorwölbt. Zusätzlich ist er bei dieser Gruppe mit der dorsalen Bauchwand verwachsen. Nach reichlicher Nahrungsaufnahme verlagert sich der ventrale Blindsack in den rechten ventralen Quadranten (HOFMANN 1988). Bei Laubäsern ragt der Pansen gewöhnlich nicht ins Becken und ist nach Hofmanns Beobachtungen auch nicht mit der dorsalen Bauchdecke verwachsen. Somit sei bei diesen Tieren auch eine Verlagerung der Jejunumschlingen und des Caecums in den linken dorsalen Quadranten möglich (HOFMANN 1988).

Erhebliche Unterschiede gibt es zusätzlich an den inneren Strukturen des Magen-Darm Trakts. Bezüglich des Pansens postuliert HOFMANN (1988), dass die Öffnung zwischen

Atrium ruminis und *Fundus reticuli* bei Grasäsern enger sei als bei Laubäsern, was zur Folge habe, dass erstere die Futterpassage effektiver verzögern können.

Je nach Äsungstyp treten im Pansen bei der Papillenverteilung und -grösse Variationen auf. Bei der Untersuchung von Foeten fand HOFMANN (1968) heraus, dass auch der Pansen von Grasäsern kurz vor der Geburt im dorsalen Bereich noch Papillen besitzt, die sich aber im Laufe der Zeit beim adulten Tier zurückbilden. Laubäser zeichnen sich durch eine gleichmässige Papillenverteilung im gesamten Pansen aus. Sie besitzen im Gegensatz zu den Grasäsern auch im dorsalen Pansensack an der Dorsalseite und an den Pansenpfeilern Papillen (HOFMANN 1988). Grasäser weisen hingegen eine ungleichmässige Papillenverteilung auf. Veränderungen in der Papillen-Anzahl oder -Grösse benötigen bei einer Umstellung des Futterangebotes nach HOFMANN (1988, 1989) bis zu drei Wochen. Solche Anpassungsreaktionen sind beim Intermediärtyp, wie Ziegen oder Rotwild, im saisonalen Äsungszyklus am deutlichsten ausgeprägt. Gemeinsam ist den Äsungstypen, dass die Papillen im Atrium, gefolgt von der Bodenfläche des dorsocaudalen Blindsackes, am zahlreichsten und am längsten sind (HOFMANN 1988).

Der Netzmagen weist in der Gruppe der Grasäser ein stärkeres Relief auf als bei den Laubäsern. Erstere hat tiefe *cellulae reticuli* mit Unterteilungen zweiten und dritten Grades. Laubäser haben flache *cellulae reticuli*. *Cristae reticuli* zweiten Grades fehlen bei diesen Tieren häufig, solche dritten Grades fast immer. Allerdings sind die Netzmagenleisten der Laubäser mit spitzen verhornten Papillen besetzt (HOFMANN 1988).

Das *Ostium reticulomasicum* variiert in seiner Struktur je nach Äsungstyp. Nach HOFMANN (1988) gibt es Indizien dafür, dass zumindest Laubäser und Intermediärfresser die Grösse dieser Öffnung regulieren können, um gegebenenfalls eine schnelle Futterpassage grösserer, faserhaltiger Partikel zuzulassen. Wie im Netzmagen, so seien auch im Blättermagen die Papillen um diese Öffnung und im restlichen Blättermagen bei Laubäsern wesentlich ausgeprägter als bei Grasäsern (HOFMANN 1988). Grasäser besitzen im Blättermagen Blätter dritter bis vierter Ordnung, Laubäsern dagegen nur Blätter erster bis zweiter Ordnung.

Der Labmagen von Grasäsern ist laut HOFMANN (1968) voluminöser als der der Laubäser. HOFMANN (1988) gibt an, dass von den Laub- zu den Grasäsern die absolute Darmlänge in Relation zur Körperlänge zunimmt und damit auch die Fähigkeit zur Faserverdauung steigt. Die evolutionäre Entwicklung von Ceacum und Colon war laut HOFMANN (1988) rückläufig, während die Entwicklung des Pansens und damit die Fähigkeit, Faser zu verdauen, progredient sei. Der Dickdarm ist nach seinen Untersuchungen (1988) bei Laubäsern länger. HOFMANN (1988) bezeichnet das volumenreiche Ruminoreticulum als proximale Fermentationskammer (PFK) und den Caecum-Colon Komplex als distale

Fermentationskammer (DFK). Das Verhältnis von DFK zu PFK betrage 1:6-10 bei Laubäsern, 1:9-24 bei Intermediärfressern und 1:15-30 bei Grasäsern.

1.1.3 Physiologische Unterschiede zwischen den Äsungstypen

Das Zottenrelief der Pansenschleimhaut ist je nach Äsungstyp unterschiedlich und verändert sich abhängig von der Futterwahl. MARHOLDT und HOFMANN (1991) gehen davon aus, dass die Gruppe der Laubäser ernährungsphysiologisch am anspruchvollsten ist, weil ihr durchschnittlicher Oberflächenvergrößerungsfaktor sich bei wildlebenden Tieren am meisten von in Gefangenschaft lebenden Artgenossen unterscheidet. Diese Differenz fällt bei Grasäsern und dem Intermediärtyp geringer aus.

Allgemein wird vermutet, dass Grasäser und Intermediärtypen auf Grund der mechanischen Belastung durch erhöhte Raufutteraufnahme eine stärkere Tendenz zu Verhornung des Pansenplattenepithels zeigen. Dies macht sich bei Grasäsern besonders im dorsalen Pansensack bemerkbar, in welchem die dorsale Wand meist zottenfrei ist (MARHOLDT und HOFMANN 1991; HOFMANN 1968).

Die vermeintlich proteinreiche und faserarme Nahrung wird bei den Laubäsern im Pansen vorwiegend durch amylytische Bakterien aufgeschlossen (MARHOLDT und HOFMANN 1991). Grasäser nehmen unter menschlicher Obhut zwar aus Langeweile unter anderem auch Laub auf, gefährden sich aber teils damit, da sie die in alten Eichen und Weidenblättern enthaltenen Polyphenole (z. B. Tannine) nicht neutralisieren können (MARHOLDT und HOFMANN 1991). Dieses Defizit, denkt HOFMANN (1991), steht in Zusammenhang mit den kleineren Speicheldrüsen und der Zusammensetzung des Speichels von Grasäsern. Laubäser können dagegen Tannine aufgrund der im Speichel sezernierten tanninbindenden Proteine neutralisieren (AUSTIN et al. 1989, ROBBINS et al. 1987, FICKEL et al. 1998, CLAUSS et al. 2003c).

PRINS et al. (1984) haben gezeigt, dass Laubäser von allen Äsungstypen den geringsten Anteil an Cellulose verdauen, und zwar unabhängig von ihrem Körpergewicht. Für die Aufspaltung von Cellulose ist ein voluminöses Ruminoreticulum notwendig, in dem das Futter entsprechend lange retiniert werden kann (HOFMANN 1989). Ausserdem reduzieren Grasäser ihr Futter zu Partikelgrößen von 0.5 bis zu 1.0 mm, wohingegen bei Laubäsern wie z. B. dem Elch caudal vom Ruminoreticulum Partikel mit einer Grösse bis zu 8.0 mm den Vormagenkomplex passieren können (HOFMANN 1989; NYGREN et al. 2001). Durch diese intensivere Partikelzerkleinerung wird es den Bakterien der Grasäser vermutlich besser ermöglicht, die Cellulose enzymatisch aufzuschliessen (HOFMANN 1989).

HOPPE (1977) zufolge haben z. B. der kleine Dikdik (*Madoqua*) und das Moschusböckchen (*Neotragus moschatus*) ein Verhältnis von amylytischen zu cellolytischen Bakterien von 5:1, hohe Fermentationsraten und eine rasche Absorption. Im Gegensatz zu Rindern

beherbergen sie kaum Protozoen, da ihre Ingesta sich schneller weiter bewegt als diese nachgebildet werden können. Für HOFMANN (1989) besteht ein Zusammenhang zwischen der hohen Passagerate der Laubäser und ihren grossen Speicheldrüsen. Er ist der Meinung, dass Laubäser weitaus mehr Speichel produzieren als Grasäser, da sie aufgrund ihrer hohen Fermentationsraten und dem schnelleren Durchfluss des Ingesta grössere Pufferkapazitäten benötigen. Einerseits produzierten diese grossen Speicheldrüsen grössere Mengen an verdünnender Flüssigkeit, was wiederum die Verweilzeit verkürze, und zusätzlich werde ein grosser Teil des löslichen Pflanzenzellinhalts direkt über die Magenrinne in den Labmagen transportiert; dies wiederum erklärt, warum der Labmagen der Laubäser mehr HCl-produzierende Belegzellen enthält als der der Grasäser. Einerseits sollen sie dazu dienen, den hohen Bicarbonat-Gehalt des Speichels abzupuffern und einen geeigneten pH-Wert für die Pepsin-Aktivität einzustellen, andererseits vermeintlich dazu, die bereits zuvor erwähnten Tannin-Speichelprotein-Komplexe und die Hemicellulose-Bindungen zu spalten (HOFMANN 1989).

Auch ROWELL-SCHÄFER et al. (2001) suchten Beweise für die unvollständige Fermentation im Pansen von Laubäsern und ihre Weiterleitung von Nahrung über die Magenrinne direkt in den Labmagen. Sie untersuchten dazu die Anwesenheit von einem Natrium-abhängigen Glucose-Cotransport im Dünndarm, Enzym-Aktivitäten von Maltase, Saccharase und α -Amylase in Dünndarm und Pankreas-Gewebe, und den Anteil an essentiellen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Depotfett von Wiederkäuern verschiedener Äsungstypen. Die Autoren schlossen, dass die grosse Menge an Natrium-abhängigen Glucose-Cotransportern, hohe Enzymaktivitäten im Dünndarm sowie ein hoher Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Depotfett, vor allem bei Rehen, für die unvollständige Fermentation im Pansen bei Laubäsern spricht.

Auch VAN SOEST (1982) betont, dass ein Grossteil der Hemicellulose bei den Laubäsern im Darmtrakt verdaut wird. Wie bereits erwähnt, besitzen diese Tiere einen voluminösen Dickdarm (HOFMANN 1988) und betreiben eine fraktionierte Vormagen-Dickdarm-Fermentation (HOFMANN 1973; 1989). HOFMANN (1988) führt den voluminösen Dickdarm der Laubäser auf die Tatsache zurück, dass bei diesen Arten ein grösserer Teil unfermentiertes Futter den Pansen verlässt und im Dickdarm aufgeschlossen wird.

Wiederkäuer benutzen vermeintlich die engen, sich an das weite Caecum anschliessenden Colonspiralen, um den Vorschub des Ingesta zu verzögern; somit sei Zeit vorhanden für den Aufschluss der Hemicellulose (HOFMANN 1989). Weiterhin trage das gewaltige Colon zur Wasserresorption bei, die bei Laubäsern im Gegensatz zu Grasäsern durch den verhältnismässig kleinen Blättermagen nicht gewährleistet sei (HOFMANN 1989).

1.1.4 Unterschiede im Verhalten zwischen den Äsungstypen

Laubäser haben laut MARHOLDT und HOFMANN (1991) eine rasche Futterpassage und müssen dadurch häufiger Nahrung aufnehmen. Ihr Fressverhalten zeichnet sich angeblich durch abwechselnd kurze Wiederkau- und Fressperioden aus (HOFMANN 1988; 1989). Für Grasäser dagegen postuliert HOFMANN (1988) wesentlich längere Wiederkau- und Fressperioden. HOFMANN (1988) zufolge kauen Grasäser bei der Futteraufnahme zunächst nur kurz, erreichen dann aber durch langes Wiederkauen einen hohen Zerkleinerungsgrad der Pflanzenpartikel, um die mikrobielle Fermentation zu erleichtern.

Viele Laubäser und Intermediärtypen sind Einzelgänger in ihrem Territorium, oder sie schliessen sich zu kleinen Gruppen zusammen. Bäume und Sträucher brauchen sie nicht nur als Nahrungsgrundlage, sondern auch zum Schutz. Grasäser halten sich in jahreszeitlich abhängig unterschiedlichen Herdenverbänden auf, oft in sehr grossen Gruppen, die ihre Migrations-Routen nach dem Regen ausrichten (HOFMANN 1991).

1.2 Kritik der traditionellen Einteilung

1.2.1 Kritik aufgrund konventioneller statistischer Tests

1.2.1.1 Kritik an postulierten morphologischen Unterschieden

Es wurde verschiedentlich darauf hingewiesen, dass die Einteilung von HOFMANN und STEWART (1972) sowie HOFMANN (1985, 1988) nicht nach einem streng definierten Kriterium – *entweder* die botanische Zusammensetzung der Nahrung *oder* die Morphologie des Verdauungstraktes – vorgenommen wurde (CLAUSS et al. 2003a, PÉREZ-BARBERÍA et al. 2004). Damit ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass es bei dem Versuch, Hofmanns Einteilung zu belegen, zu Zirkelschlüssen kommt – wenn z. B. getestet werden sollte, ob die von ihm als Grasäser definierten Äsungstypen wirklich vor allem Gras fressen.

In der Literatur findet man Kritik an Aussagen von Hofmann, da seine Untersuchungen in der Regel nicht mit statistischen Tests belegt sind.

GORDON und ILLIUS (1994) fanden, dass die gesamte Nass- und Trockensubstanz des Pansen- und Dickdarminhalts allometrisch zum Körpergewicht und unabhängig vom Äsungstyp ist. Allerdings muss festgehalten werden, dass die Autoren selber zugeben, dass sich Unterschiede zwischen den Äsungstypen ergeben, wenn die untersuchten Spezies nach Hofmann eingeteilt werden und nicht nach ihrer eigenen, von Hofmann abweichenden Einteilung. Dies gilt sowohl für die distale Fermentationskammer als auch für den Pansen.

ROBBINS et al. (1995) haben sich eingehend mit gewissen Behauptungen Hofmanns beschäftigt, diese erneut untersucht und statistisch ausgewertet. Ihre Interpretationen stimmen grössten Teils nicht mit denen von Hofmann überein. So wurde eine Untersuchung zu der Hypothese durchgeführt, dass die Speicheldrüsen der Laubäser grösser seien als die

der Grasäser. Es zeigte sich, dass die Grösse der Parotis linear mit dem Körpergewicht zunimmt, und dass tatsächlich die Parotiden der Laubäser, mit der Ausnahme des grossen Kudus, mächtiger sind als die der Grasäser. Laut ROBBINS et al. (1995) entspricht das Speicheldrüsengewicht des grossen Kudus den von Hofmann angegebenen Werten für Grasäser. Auch die Gewichte der Parotis von zwei weiteren Tragelaphiden, des Nyalas (*Tragelaphus angasii*) und des Buschbocks (*Tragelaphus scriptus*), entsprechen diesen Autoren zufolge nicht denen von Laubäsern, sondern liegen in dem Bereich, den Hofmann für Intermediärtypen postuliert. Die Autoren sehen damit einen wesentlichen morphologischen Befund Hofmanns in seiner Absolutheit als widerlegt an.

Der Versuch, anhand der einzigen von Hofmann publizierten Daten (aus den Tabellen in HOFMANN 1973) einen statistischen Unterschied zwischen den Äsungstypen zu demonstrieren, scheiterte weitgehend (DEMMENT und LONGHURST 1987; VAN WIEREN 1996a). So ist HOFMANN (1988) der Meinung, dass einer der Hauptunterschiede der Pansenmorphologie zwischen den Äsungstypen darin besteht, dass Laubäser aufgrund der kompletten Bezottung im Vormagen eine grössere Absorptionsoberfläche besitzen als Grasäser oder der Intermediärtyp. VAN WIEREN (1996a) untersuchte den maximalen Oberflächenvergrösserungsfaktor (OVF) anhand von HOFMANN (1973) Daten und fand keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Äsungstypen in diesem Wert. Allerdings ist festzuhalten, dass der maximale OVF nicht die Bezottung im gesamten Pansen widerspiegelt, sondern nur einen punktuellen maximalen Zottenbesatz – zumeist im Atrium. Andererseits konnten Hofmanns Thesen bezüglich eines voluminöseren Vormagens, bezüglich stärkerer Pansenfeiler und bezüglich grösserer Blättermägen bei Grasäsern statistisch bestätigt werden (CLAUSS et al. 2003a, CLAUSS et al. 2006b).

1.2.1.2 Kritik an postulierten physiologischen Unterschieden

GORDON und ILLIUS (1994) führten statistische Auswertungen zur Fermentationsrate, dem Energiegehalt flüchtiger Fettsäuren sowie der Energie, die durch die Produktion von flüchtigen Fettsäuren entsteht, durch. Für die Fermentationsraten im Pansen ergab sich eine allometrische Beziehung zum Körpergewicht ohne Unterschied zwischen den Äsungstypen. Dagegen waren die Fermentationsraten im Dickdarm nicht allometrisch zum Körpergewicht. Der Energiegehalt der gesamten flüchtigen Fettsäuren im Pansen und Dickdarm zeigte - wie nicht anders zu erwarten - keine allometrische Beziehung zum Körpergewicht und keinen Unterschied zwischen Laub- und Grasäsern. Die durch die Produktion von flüchtigen Fettsäuren im Pansen und Dickdarm entstehende Energie korreliert mit dem Körpergewicht; die so im Pansen entstehende Nettoenergie fällt bei Laubäsern wesentlich geringer aus als bei Grasäsern. Daher gehen GORDON und ILLIUS (1994) davon aus, dass postruminale Energiegewinnung durch flüchtige Fettsäuren bei kleinen Tieren und insbesondere bei

Laubäsern eine entscheidende Rolle spielt. Die Autoren betonen nicht, dass diese Befunde einerseits im Einklang mit Hofmanns Thesen stehen, andererseits mit ihren eigenen Ergebnissen nicht vereinbar sind: Die im Pansen pro Zeiteinheit gebildete Energiemenge ist ein mathematisches Produkt von Panseninhalt, Konzentration an flüchtigen Fettsäuren im Inhalt und Energiegehalt dieser Fettsäuren. Die Tatsache, dass sich dieses Produkt zwischen den Äsungstypen signifikant unterscheidet, nicht jedoch die Einzelfaktoren, wird nicht weiter ausgeführt.

Die mittlere Verweilzeit des Nahrungsbreis im Verdauungstrakt korreliert mit dem Körpergewicht, ist aber laut GORDON und ILLIUS (1994) unabhängig vom Äsungstyp. Allerdings wird die Verweilzeit durch die Nahrungsquelle beeinflusst: Luzerneheu hatte in der Datensammlung dieser Autoren kürzere Passagezeiten als Grasheu. Die Datensammlung, die zu diesem Ergebnis führte, wurde allerdings kritisiert (CLAUSS und LECHNER-DOLL 2001, CLAUSS et al. 2006a), da Ergebnisse extrem unterschiedlicher Studien, mit Passagemarkern unterschiedlicher Partikelgrösse, undifferenziert zusammengefasst wurden. HUMMEL et al. (2006) zeigten, dass, wenn man den Datensatz von GORDON und ILLIUS (1994) zur Passagezeit um weitere verfügbare Literaturdaten erweitert, sich durchaus ein signifikanter Unterschied zwischen den Äsungstypen ergibt; doch gilt auch hier die generelle Kritik an der Datensammlung.

ROBBINS et al. (1995) testeten die Hypothesen, dass Laubäser in geringerem Masse zur Faserverdauung befähigt seien als Grasäser, und dass die in Abschnitt 1.2.1.1. erwähnten grösseren Speicheldrüsen der Laubäser auch grössere Mengen an dünnflüssigem, serösem Speichel produzierten und damit Laubäser kürzere Flüssigkeits-Passagezeiten hätten als Grasäser und Fasermaterial schlechter verdauen. Die Ergebnisse von ROBBINS et al. (1995) zeigten keinen signifikanten Unterschied in der Fähigkeit zur Faserverdauung zwischen Laub- und Grasäser, ergaben aber, dass das Ausmass der Faserverdauung mit der Körpergrösse des Pflanzenfressers korreliert. Diese Ergebnisse wurden von VAN WIEREN (1996a) und PÉREZ-BARBERÍA et al. (2004) mit grösseren Datensammlungen korrigiert, bei denen sich ein Unterschied im Äsungstyp in der Faserverdauung, aber kein Einfluss des Körpergewichts darstellte. Die Speichelflussraten von Laub- und Grasäsern in der Ruhephase (bei insgesamt nur drei untersuchten Arten) zeigten bei ROBBINS et al. (1995) keine beachtlichen Abweichungen von einander, und auch die Flüssigkeits-Passagezeiten wiesen keinen Unterschied zwischen den Äsungstypen auf (ROBBINS et al. 1995). Die Konsistenz des Speichels war bei den untersuchten Schafen und Rindern dünnflüssig und wässrig, hingegen viskös und gallertartig bei den Maultierhirschen (*Odocoileus hemionus*). Daher stimmen die Autoren nicht mit Hofmann überein, dass die grösseren Speicheldrüsen der Laubäser die Aufgabe besäßen, die Passagerate in Richtung der distalen Fermentationskammer zu erhöhen. Ihrer Meinung nach könnten die grossen

Speicheldrüsen dazu beitragen, Speichelproteine zu bilden, die sich zur Bindung von Tanninen eignen. Zu dieser Hypothese würde auch die Tatsache passen, dass der grosse Kudu Speicheldrüsen in der Kategorie der Grasäser besitzt und ihm die Tannin bindenden Proteine fehlen. Dies bedeutet nicht, dass der grosse Kudu auf Laub verzichten muss, dass er aber Pflanzen mit hohem Tanninanteil meiden sollte (ROBBINS et al. 1995). Die ständige Produktion von tanninbindenden Proteinen führt bei Laubäsern im Gegensatz zu Grasäsern vermeintlich zu einem erhöhten Stickstoffverlust und -bedarf; aus diesem Grund wäre es möglich, dass der Kudu sich von proteinärmerer Nahrung ernähren kann als andere Laubäser. Nach ROBBINS et al. (1995) nimmt die insgesamt sezernierte Speichelmenge zu, je kleiner der einzelne Biss ist. Dies könnte in grösseren Speichelflussraten bei Laubäsern resultieren, verglichen mit Grasäsern, welche die gleiche Menge an Futter zu sich nehmen (ROBBINS et al. 1995). Jedoch wäre dies ein Effekt der Bissgrösse und nicht der Speicheldrüsengrösse.

1.2.2 Kritik aufgrund phylogenetisch kontrollierter statistischer Tests

Ein wesentlicher Vorwurf an frühere Arbeiten ist die Vernachlässigung der Phylogenie; in Analysen, die verschiedene Arten miteinander vergleichen, sind die einzelnen Datenpunkte aufgrund unterschiedlicher phylogenetischer Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Arten nicht voneinander unabhängig. Daher sollten bei der Suche nach evolutionären Konvergenzen – z. B. zwischen Äsungstypen – statistische Verfahren angewandt werden, die diese Abhängigkeit berücksichtigen.

In einer Studie von PÉREZ-BARBERÍA et al. (2001) über die Vormagenmorphologie der unterschiedlichen Äsungstypen (es wurden ausschliesslich die tabellarischen Daten von HOFMANN 1973 genutzt) zeigte sich, dass es, wenn die Einflüsse des Körpergewichts und der Phylogenie berücksichtigt wurden, keine weitere eindeutige Gruppierung der Arten im Hinblick auf die natürliche Äsung gab. Ehemalige Behauptungen, dass Grasäser aufgrund grösserer Pansen, einer höheren Anzahl an Unterteilungen und kleineren Öffnungen eine längere Verweildauer des Futters hätten, um effektivere Faserverdauung zu betreiben, erhalten durch die Ergebnisse der Studie von PÉREZ-BARBERÍA et al. (2001) keine Unterstützung. Ihren Untersuchungen zufolge gibt es zwar morphologische Unterschiede zwischen verschiedenen Arten, aber es lässt sich keine Anpassung zwischen den Äsungstypen erkennen. Die morphologischen Varianten seien allein auf den kombinierten Einfluss von Körpergrösse und Phylogenie zurückzuführen und nicht auf den Äsungstyp.

Eine Studie von PÉREZ-BARBERÍA et al. (2004) beschäftigte sich mit der Evolution der phylogenetischen Unterschiede in der Faserverdaulichkeit bei Wiederkäuern und ergab, dass eng verwandte Tiere ähnlichere Werte in der Faserverdaulichkeit haben als weniger verwandte Spezies, und dass Laubäser geringere Verdaulichkeiten erzielen als Grasäser.

Das Körpergewicht nahm keinen Einfluss auf die Faserverdaulichkeit, was die Autoren verwunderte, da die Partikelretention ihrer Meinung nach mit dem Körpergewicht zunimmt, wodurch eine intensivere Verdauung ermöglicht werden sollte.

2. Schichtung des Panseninhalts

2.1 Hauswiederkäuer

Seit geraumer Zeit beschäftigen sich Wissenschaftler mit der Frage, ob es im Pansen von Wiederkäuern eine Schichtung gibt und wie diese aufgebaut ist.

SCHALK und AMADON (1928) gingen davon aus, dass das niedrige spezifische Gewicht der Heupartikel und die Kontraktionen des Ruminoreticulum dazu führen, dass sich die Mehrheit des Fasermaterials im dorsalen Pansensack ansammelt. Sie behaupteten ausserdem folgendes: Sobald die Futterpartikel teilweise aufgeschlossen wären, würde sich ihr spezifisches Gewicht erhöhen, wodurch sie zu Boden sinken würden, was wiederum ihre Chance erhöhen würde, in den Blättermagen oder Labmagen weitertransportiert zu werden.

Die Trennung von festem Material und Flüssigkeit im Pansen beobachteten auch BALCH und KELLY (1950). Bei der Probenentnahme von Pansenmaterial aus Kühen mit Pansenfistel stellten sie fest, dass beim Filtrieren des Materials mit Hilfe einer über einen Trichter gespannten Baumwollgaze der Inhalt des ventralen Pansensacks weit mehr Flüssigkeit enthält als der des dorsalen Sacks. Ihnen fiel auf, dass sich im Ruminoreticulum von Kühen bei Heufütterung zwei Schichten bilden: eine obere Schicht aus trockenem Fasermaterial und eine untere Schicht von flüssiger Konsistenz. Bei der Fütterung von gemahlenem Heu unterscheidet sich der Trockensubstanzgehalt zwischen der dorsalen und ventralen Schicht nur unwesentlich, im Gegensatz von um bis zu 10 % unterschiedlichen Werten bei der Fütterung von ungemahlenem Heu. Allerdings konnten BALCH und KELLY (1950) keinen signifikanten Unterschied zwischen dem spezifischen Gewicht von Partikeln aus der oberen Schicht im Vergleich zu solchen aus der unteren Schicht erkennen. Da das Fasernetz trotzdem an der Oberfläche der Flüssigkeit flotierte, folgerten die Autoren, dass es möglich sein könnte, dass dieses Material in seiner Gesamtheit doch ein geringeres spezifisches Gewicht hat als die darin enthaltenen einzelnen Partikel. Dieses Phänomen könne daraus resultieren, dass sich zwischen den Partikeln Gasbläschen ansammeln, die durch die mikrobielle Fermentation entstehen. Dies ist ein erster Hinweis auf die methodischen Probleme, die „Schichtungsneigung“ von Panseninhalt darzustellen.

GRAU (1955) kam zu der Erkenntnis, dass auf der flüssigen Phase des Pansens die lufthaltigen, spezifisch leichtesten und am wenigsten verdauten Futterpartikel schwimmen und hier in einem Fasernetz oder einer „Futterbrücke“ agglomerieren. Die spezifisch schwereren, bereits weiter verdauten und kleineren Futterteilchen befinden sich in den tieferen Schichten der Flüssigkeitsphase, in welcher sie kein Netz bilden, sondern locker verteilt liegen. Oberhalb dieser drei unterschiedlichen Schichten befindet sich die Gasblase, die durch Gärungsprozesse entsteht (Abb. 1).

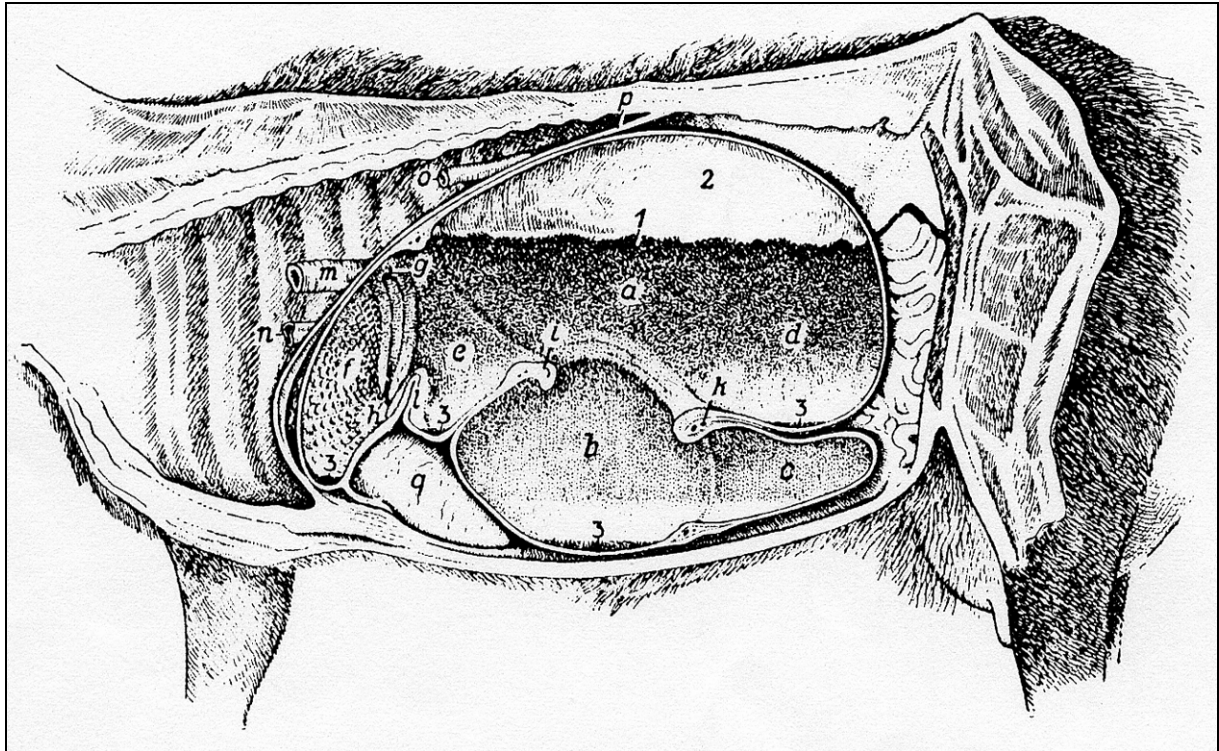


Abbildung 1: Vormägen der Ziege, in situ (GRAU 1955; a dorsaler Pansensack, b ventraler Pansensack, c ventraler Endblindsack, d dorsaler Endblindsack, e Pansenvorhof, f Haube, g Schlundeinpflanzung, h Hauben-Psalteröffnung, i kranialer Hauptpfeiler, k kaudaler Hauptpfeiler, l Pansen- Haubenfalte, m Oesophagus, n Vena cava caudalis, o Aorta, p Zwerchfell, q Labmagen, 1 Futterbrücke, 2 Gasblase des Pansens, 3 Sediment).

Die „Futterbrücke“ bleibt nach GRAUs (1955) Beobachtungen nicht ständig erhalten, sondern ist durch die Pansenbewegungen Umformungsprozessen unterworfen, bildet sich aber aufgrund des niedrigen spezifischen Gewichts der Teilchen immer wieder neu. Der Autor beobachtete, dass das Absinken von kleinen Teilchen im gesamten Bereich des Fasernetzes stattfindet und diese in den ventralen Pansensack, in das Atrium und in die Haube absinken, sobald der jeweilige Magenabschnitt erschlafft. Er nimmt an, dass diese schwereren Teilchen bereits angedaut sind, in Vorbereitung auf die folgende Verarbeitung im Blättermagen; falls diese Annahme sich bestätige, müsse das spezifische Gewicht der Futterpartikel im Psalter höher sein als das der Teilchen im Pansen und durch die fortgesetzte Verdauung im Blättermagen auch höher als das der Bodensatzpartikel von

Haube und Pansen. Um dies zu beweisen, mass GRAU (1955) das Gewicht von gleichen Mengen an Pansen-, Hauben- und Psalterinhalt. Es stellte sich heraus, dass das Raumgewicht von Hauben- und Psalterinhalt in etwa gleich schwer waren, und beide für sich bedeutend schwerer waren als das des Panseninhalts. Es sei erwähnt, dass bei dem Haubeninhalt nur das in den Waben gelegene Sediment gewonnen wurde. Dieses Sediment wird bei der Haubenkontraktion, bei der ihr freier Inhalt zurück in den Pansen gelangt, zunächst in den Waben festgehalten und kurz vor Ende der Kontraktion weiter in den Blättermagen transportiert. Als der Autor in seinen Vergleich zwischen Pansen-, Hauben- und Psalterinhalt zusätzlich zu dem in den Waben befindlichen Sediment freies Haubenmaterial hinzuzog, stellte sich heraus, dass der freie Haubeninhalt etwa so schwer war wie das freie Pansenfutter.

Im Jahre 1956 veröffentlichten SMITH et al. Ergebnisse zu ihren Untersuchungen über die Schichtung und die kinetischen Veränderungen des Panseninhalts von Rindern. Sie beobachteten bei Tieren mit Pansenfistel, dass die groben Heupartikel sich vorzugsweise im oberen Bereich des Pansens ansammeln, während der Nahrungsbrei am Pansenboden relativ flüssig ist. Um herauszufinden, ob die Schichtung, die sie bei den Tieren mit Pansenfistel gesehen hatten, ein Artefakt sei (resultierend aus einer beeinträchtigten Pansenmotilität) oder der Wirklichkeit entspreche, führten sie eine Ruminotomie an einer Kuh durch; diese ergab, dass die Schichtung nicht eine Folge der Pansenfistel war, sondern auch bei Tieren ohne Fistel auftritt. Die Daten von SMITH et al. (1956) sind mit der Hypothese, dass die physikalischen Wanderwege von Heu- und Getreidepartikeln durch den Pansen sehr unterschiedlich seien, kompatibel. Die groben Heupartikel sammeln sich in einer Matte im oberen Bereich des Pansen und verweilen dort für mehrere Stunden; im Gegensatz dazu werden Getreidekörner im Anschluss an die Nahrungsaufnahme zunächst mit Panseninhalt vermischt, sinken dann aber rasch auf den Pansen- und Haubenboden, um von dort weiter in den Blättermagen zu gelangen. In dem Fasernetz werden laut diesen Autoren die chemischen Komponenten des Heus nach absteigender Verdaulichkeit und Löslichkeit verdaut und somit die schnell fermentierbaren Teile zuerst zerstört.

SMITH et al. (1956) untersuchten die entnommenen Proben ausserdem auf den Rohfaser-, Asche-, Gesamtstickstoff-, proteinfreien Stickstoff- und Ammoniakgehalt sowie auf den Gehalt an Etherextrakt, wasser- und alkohollöslichen Zuckern und flüchtigen Fettsäuren. Zusätzlich untersuchten sie die in vitro Cellulose-Verdauung. Es stellte sich heraus, dass es beim jeweiligen Gehalt aller zuvor genannten Parameter, abgesehen von den alkohollöslichen Zuckern, signifikante Unterschiede zwischen der oberen und unteren Pansenschicht gab. Die Konzentrationen aller gemessenen Parameter waren mit Ausnahme

des Etherextrakts und der in vitro Cellulose Verdauung in den Proben der oberen Pansenschicht höher als in denen der unteren Schicht.

CAPOTE und HENTGES (1967) beschrieben ebenfalls die Schichtung des Panseninhalts mit der Aufteilung der Partikel gemäss ihrer Dichte (Abb. 2).

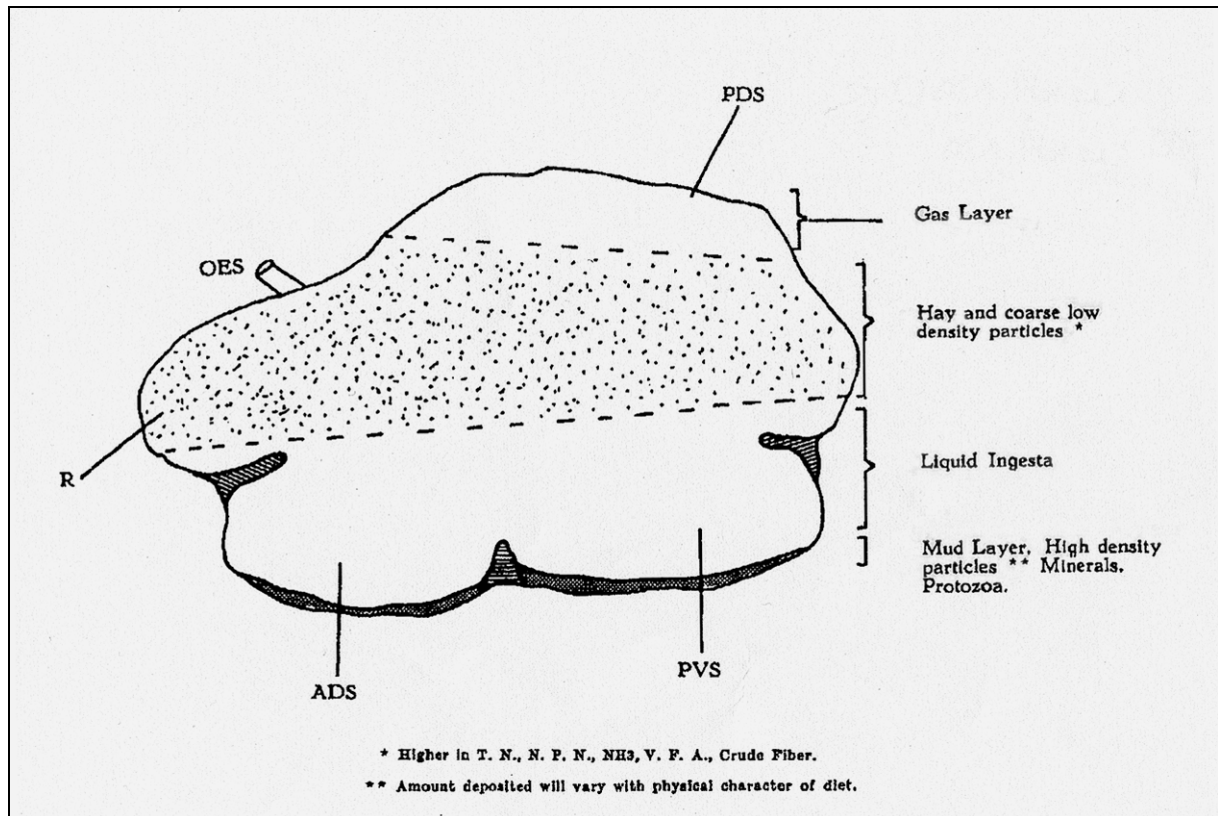


Abbildung 2: Schichtung des Panseninhalts (CAPOTE und HENTGES 1967).

EVANS et al. (1973) berichteten, dass keine gleichmässige Partikelverteilung bezüglich Teilchengrösse und -dichte im Ruminoreticulum von Rindern zu finden war. Im dorsalen Pansensack wurden mehr Partikel von geringer Dichte gefunden und viele davon waren gross, wohingegen im ventralen Pansensack mehr kleinere Partikel mit einer höheren Dichte vorkamen.

FORENBACHER (1973) fiel auf, dass es beim Stehenlassen von Panseninhalt zu einer Schichtung kommt. Die feinen Partikel und Infusorien würden zu Boden sinken (Sedimentation), wohingegen grössere faserreiche Teilchen mit den bei der Fermentation entstehenden Gasbläschen nach oben steigen würden, um dort ein Fasergeflecht zu bilden (Flotation). Zwischen diesen beiden Schichten befindet sich eine flüssige Phase. Der Autor ist der Meinung, dass die Flotationsbereitschaft des Materials von der Aktivität des Pansensafts abhängt und der Schichtungsprozess sich bei einem „aktivem“ Saft weiter

fortsetzen würde, indem bereits sedimentierte Partikel aufsteigen und sich der Fasermatte anlagern würden.

Dass Blätter leichter durch die Pansenbakterien angegriffen werden als Stängel fand WELCH (1982) in seinen Untersuchungen heraus. Als er für 10 Tage 2 cm lange Heu-Stängel in Nylonbeuteln in Pansen von Stieren mit Pansenfistel verbrachte, stellte sich heraus, dass sie ihre ursprüngliche Form zum grössten Teil beibehielten und lediglich brüchiger waren. Für ihn bedeutete dies, dass das Pansenmilieu alleine nicht ausreichte, um Partikel in ihrer Grösse soweit zu reduzieren, dass sie durch die Hauben-Blättermagen Öffnung passten. Da der Durchmesser dieser Öffnung gross genug sei für den Durchtritt von vielen Partikeln, die trotzdem im Pansen zurückgehalten werden, suchte Welch eine andere Erklärung, warum die Partikel weiterhin im Pansen verweilten, statt in den Blättermagen transportiert zu werden. Ein möglicher Grund könnte das Verfangen der Partikel im Fasernetz sein, und damit könnte die Erscheinungsrate von feinen Partikeln an der Hauben-Blättermagenöffnung von der Konsistenz des Pansenmaterials abhängig sein. Zunächst wollte WELCH (1982) den Einfluss von unterschiedlichem Futter (gemischtes Grasheu; Maissilage; Luzernepellets mit einer kleinen Heumenge; 80 % Konzentratfutter mit 20 % Grasheu) auf die Konsistenz des Panseninhalts untersuchen. Dazu mass er die Zeit, die ein in den Pansen von fistulierten Stieren verbrachtes Gewicht bei gleichmässiger Zugkraft vom Pansenboden bis in die Oberschicht des Panseninhalts benötigte. Es stellte sich heraus, dass Heu zur dichtesten Schichtung des Panseninhaltes führte; am lockersten geschichtet war der Panseninhalt nach Aufnahme der Luzernepellets. Die nächste Frage, die sich WELCH (1982) stellte, war in welcher Weise sich die unterschiedlichen Panseninhaltskonsistenzen auf die Partikelbewegung auswirkten. Um das herauszufinden, platzierte er 4000 Plastikpartikel in unterschiedlichen Pansenarealen (in der obersten, der mittleren und der untersten Schicht) und beprobte über ein Plastikrohr alle 2-3 Minuten die unmittelbare Umgebung der Hauben-Blättermagen Öffnung. Es zeigte sich, dass die Partikel aus der untersten Schicht am schnellsten die Hauben-Blättermagen Öffnung erreichten und die aus der obersten am langsamsten.

FORWOOD et al. (1985) untersuchten die Partikelgrössen-Verteilung im Vormagen von zwei weidenden, fistulierten Rindern, und fanden stets einen höheren Anteil grosser Partikel im dorsalen Pansen, verglichen mit ventralem Pansen und Netzmagen. Dieses Muster blieb trotz genereller Schwankungen der Partikelanteile über verschiedene Beprobungszeitpunkte im Tagesverlauf konstant.

SUTHERLAND (1988) befasste sich mit der Partikeltrennung in Vormägen von Schafen und untersuchte dabei, auf welche Weise die Vormägen die Retention vorzugsweise grosser Partikel erzielen, indem er verschiedene Untersuchungsmethoden miteinander kombinierte. Er widmete sich der Partikelgrössenverteilung in bestimmten Arealen des Ruminoreticulum von Schafen, die mit gehäckseltem Luzerneheu gefüttert wurden, und verband dies mit Flotations- und Sedimentationsversuchen in vitro und mit der indirekten Messung von Parametern, welche die Partikeldichte betreffen. Er ging davon aus, dass Faktoren wie Sequestration grosser Partikel im Fasernetz, Filtereffekte in der Passage zwischen Pansen und Haube, Siebeffekte im Haubeninhalt oder an der Hauben-Blättermagenöffnung und Filtereffekte im Blättermagen selbst mit Rückfluss in die Haube die Wahrscheinlichkeit des Partikelausflusses aus dem Ruminoreticulum vermindern. Er beobachtete, dass das Material, das der Hauben-Blättermagen Öffnung präsentiert wird, aus den unteren Schichten des Pansen stammt und Material aus dem dorsalen Fasernetz erst diese unteren Schichten passieren muss bevor es in das Ruminoreticulum gelangen und dieses verlassen kann. SUTHERLAND (1988) betrachtete dabei bei einer einzigen Fütterung am Tag den Verlauf der Pansenschichtung. Vor der Fütterung war noch kein typisches Fasernetz ausgebildet, allerdings war der Verteilungskoeffizient, der das Verhältnis der Konzentration einer bestimmten Partikelgrösse zwischen dem dorsalen und ventralen Sack angibt, bei den auf dem 2 mm- und dem 4 mm-Sieb retinierten Partikeln grösser als 1. Interessant ist, dass der Verteilungskoeffizient für jegliche Partikelgrösse die höchsten Werte 3 h nach Beginn der Fütterung aufwies (was in etwa der Zeit entspricht, zu der die Tiere mit dem Fressen aufhörten), und im Laufe der Zeit nach der Fütterung abnahm. Im Vergleich zwischen ventralem Pansen und ventralem Netzmagen stellte sich heraus, dass die Verteilung zwischen diesen beiden Magenabschnitten ähnlich war, sich allerdings eine grössere Menge an schwereren Partikeln und eine kleinere Menge an leichteren Partikeln in der Haube befand als im ventralen Pansensack. Die Partikelverteilung zwischen ventralem und dorsalem Pansensack war sehr ähnlich bezüglich des flotierenden und sedimentierenden Anteils, was der Autor als einen Hinweis dafür interpretierte, dass ein ständiger Austausch der Teilchen zwischen ventralem und dorsalem Bereich stattfindet. Für die grossen Partikel wirke sich dabei die Tatsache, dass sie leicht miteinander verfilzen, erleichternd auf ihr Verbleiben im Fasernetz aus. Die kleinen Partikel könnten sich durch die Kontraktionen des dorsalen Sacks mit Leichtigkeit aus diesem Fasernetz befreien und bewegten sich dann vom Fasergeflecht weg in Richtung Pansenboden. Bei seinen Untersuchungen zur Verhaltensweise von Stängeln und Blättern im Panseninhalt fand SUTHERLAND (1988), dass für die Netzbildung vor allem die Stängel verantwortlich sind und dass, obwohl das Ausgangsmaterial - gehäckseltes Luzerneheu - zu ungefähr gleichen Teilen aus Stängeln (53 %) und Blättern (47 %) bestand, nur wenig mehr als 20 % Blätter in dem untersuchten

Probenmaterial des dorsalen Pansensacks zu sehen waren. Er vermutete, dass die Luzerneblätter schneller verdaut werden als die Stängel.

In einem Experiment von KASKE und VON ENGELHARDT (1990), bei welchem Plastikpartikel mit zwei verschiedenen Längen und vier verschiedenen Dichten bei der Morgenfütterung an Schafe verabreicht wurden, stellte sich heraus, dass die mittlere Verweildauer von den längeren Partikeln länger war als die der kürzeren Partikel, dass aber die Dichte der Partikel einen grösseren Effekt auf ihre Verweildauer hatte. Ausserdem kamen die langen Partikel mit hoher Dichte zum Teil ohne einen Wiederkauzyklus durchlaufen zu haben im Kot an. In einer zweiten Studie konnten KASKE et al. (1992) wiederum demonstrieren, dass Partikel höherer Dichte das Ruminoreticulum eher verlassen als Partikel geringerer Dichte.

LIRETTE et al. (1990) widmeten sich der Aufteilung von Partikeln aufgrund ihres Auftriebs und untersuchten die Partikelformen in den unterschiedlichen Pansenschichten sowie ihre chemischen Bestandteile. Sie fanden heraus, dass Partikel, die lang und dünn sind und einen hohen Proteingehalt besitzen, am langsamsten Richtung Boden sinken. Es erschien, als ob die grossen Partikel im Pansen, die sich in der obersten Schicht, der Fasermatte, befinden, einen höheren Peptid- und Proteinanteil enthielten aber weniger Lignin. Partikel < 3.2 mm aus der Fasermatte zeigten eine höhere Flotationsrate als Partikel < 3.35 mm aus dem ventralen Pansensack. Die Verteilungskurve der grossen Teilchen der obersten Schicht zeigte an, dass 41 % der Partikel flotierten. Dafür kommen laut den Autoren zwei Gründe in Frage: Einerseits könnte diese Tatsache mit dem Verfangen von Luft zwischen den Teilchen in Zusammenhang stehen, andererseits könnte für den Auftrieb dieser Partikel auch ihr hoher Rohproteingehalt verantwortlich sein. Kleinen Partikeln wurde aufgrund dieser Erkenntnisse ein geringerer Nährwert und eine geringere Verdaulichkeit zugesprochen. Die Form der Partikel betreffend zeigte es sich, dass Partikel, die schneller sanken, etwas länger, breiter und dicker waren. Zusätzlich hatten sie mehr eine kubische Form als die flotierenden Bestandteile, die relativ dünn und länglich waren. Da unreife, voluminöse und dünnwandige Zellen gut verdaulich sind und gut flotieren, neigen sie, nach Meinung der Autoren, dazu, im Fasernetz zu verweilen, auch wenn sie durch den Kauvorgang zerkleinert werden. Im Gegensatz dazu haben reife, stärker lignifizierte Zellwände eine höhere Dichte oder eine geringere Auftriebskraft und neigen dazu, durch das Fasernetz auf den Boden zu sinken und weiter zur Hauben-Blättermagen Öffnung transportiert zu werden, sobald sie zerkleinert werden.

LUGINBUHL et al. (1990) weisen bei fistulierten Rindern nach, dass die Partikelgrösse im dorsalen Panseninhalt grösser war als die im vermischten Inhalt des gesamten Ruminoreticulums.

BAUMONT und DESWYSEN (1991) und LECHNER-DOLL et al. (1991) gehen davon aus, dass der Separationsmechanismus von Partikeln mit unterschiedlicher Dichte vor allem auf der Haubenkontraktion zu Beginn jedes Bewegungszykluses basiert. Während der Haubenkontraktionen werden leichte Partikel nach caudodorsal geworfen, wohingegen kleine, schwere Partikel dazu tendieren im ventralen Bereich der Haube zurückzubleiben. So gesehen bewegen sich die kleinen, schweren Partikel bei der zweiten Haubenkontraktion mit grösserer Wahrscheinlichkeit in den Blättermagen vor als die leichten, grossen Partikel. Die Autoren verwenden den Begriff der „funktionellen Dichte“; dies ist die Summe aus allen Faktoren, die sich am Auftrieb der Partikel beteiligen und beinhaltet die strukturellen Merkmale der Partikel, deren Mikroorganismenpopulationen, die Grösse und Form der Partikel, die Flüssigkeit und das Gas im Inneren der Partikel sowie gebundene Gasbläschen. Die funktionelle Dichte von Partikeln nimmt während ihres Aufenthalts in den Vormägen zu. LECHNER-DOLL et al. (1991) sehen es aufgrund verschiedener Untersuchungsergebnisse von unterschiedlichen Forschern als möglich an, dass der Partikelfluss vom Pansen in den Netzmagen nicht selektiv ist und der eigentliche Separationsmechanismus möglicherweise im Netzmagen selbst zu finden ist.

1992(a) untersuchten WATTIAUX et al. den Einfluss der mikrobiellen Fermentation auf das spezifische Gewicht kleiner Futterpartikel. In ihren Experimenten mit in vitro Verdauung verschiedener Futtermittel machten sie es sich zum Ziel, Ergebnisse zu der Veränderung des spezifischen Gewichts der Partikel während der Fermentation und zu der dabei entstehenden Gasproduktion zu gewinnen. Ausserdem wollten sie das Gasvolumen, das an Verdauungspartikeln gebunden ist, quantifizieren. Dass das spezifische Gewicht der Futterpartikel durch das bei der Fermentation entstehende Gas reduziert wird, bestätigte sich durch die negative Korrelation zwischen Gasvolumenproduktion und spezifischem Gewicht: Eine Erhöhung der Gasproduktion ging mit einer Abnahme des spezifischen Gewichts einher. Das Gasvolumen, das sich an bestimmte Partikel bindet, hängt allerdings nicht nur von der Gasproduktion, sondern auch von der Gasspeicherkapazität sowie von der Geschwindigkeit der Gasbläschenbildung und ihres Entweichens ab. Laut WATTIAUX et al. (1992a) bedarf es nur relativ geringer mikrobieller Fermentation, um das Gas, das für die Reduktion des spezifischen Gewichts von Futterpartikeln nötig ist, zu produzieren. Aufgrund ihrer grösseren Oberfläche können grosse Partikel mehr Gasbläschen binden als kleinere Teilchen. WATTIAUX et al. (1992a) behaupten, dass Partikel, die weiterhin fermentieren, ein

niedrigeres spezifisches Gewicht beibehalten als Partikel, die zwar gleich gross sind aber bereits extensiv fermentiert wurden. In diesem Fall wäre die Auftriebskraft des Fermentationsgases ein entscheidender Faktor zwischen Partikeln, die sich im Verdauungsgrad unterscheiden, und würde die Lokalisation von Partikeln im Pansen beeinflussen. Überträgt man diese Ergebnisse auf in vivo Bedingungen, trägt möglicherweise die Änderung des spezifischen Gewichts durch Fermentationsgase zu der selektiven Partikelretention im Pansen bei. Nach WATTIAUX et al. (1992a) hat das Verhältnis zwischen spezifischem Gewicht und Verdauungsgrad womöglich einen grundlegenden Einfluss auf die Schichtung des Verdauungsmaterials im Pansen und auf seine Passagerate.

Bei Milchkühen fanden WEIDNER und GRANT (1994), dass eine Zufütterung von grob gehacktem Luzerneheu die Konsistenz der Fasermatte im Pansen erhöhte.

KENNEDY (1995) fand im dorsalen Panseninhalt von Rindern und Wasserbüffeln einen höheren Anteil an grossen Partikeln und einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt als im ventralen Panseninhalt, auch wenn er keine eigentliche Fasermatte beobachten konnte.

BAILONI et al. (1998) führten Untersuchungen zu den Auswirkungen von in vitro Fermentation auf das spezifische Gewicht und auf Sedimentationsmessungen von Nahrungsbestandteilen durch. Zusätzlich untersuchten sie den Trockensubstanzabbau, die Gasproduktion, das gebundene Gasvolumen und die Wasserbindungskapazität von Knaulgrasheu und Luzerneheu vor und nach in vitro Fermentation. Ziel war es, die Werte des funktionellen spezifischen Gewichts von unfermentierten und fermentierten Teilchen mit ihrer Tendenz zur Flotation oder Sedimentation zu vergleichen. Luzerneheuproben wurden stärker abgebaut als Knaulgrasheuproben. Bezüglich der Gasproduktion gab es bei den zwei unterschiedlichen Nahrungstypen keinen Unterschied. Allerdings korrelierte die Gasproduktion stark mit dem Trockensubstanzabbau. Bei den unfermentierten Proben zeigten sich niedrige Werte für das spezifische Gewicht, jedoch hohe Werte bei dem gebundenen Gasvolumen. Im Gegensatz dazu stieg das spezifische Gewicht der Proben mit zunehmender Fermentationszeit und korrelierte zudem stark mit dem Trockensubstanzabbau. Die genannten Ergebnisse weisen darauf hin, dass zu Beginn der Fermentation der Zunahme des funktionellen spezifischen Gewichts durch die Hydratation der Räume, die bisher mit Gas gefüllt waren, die Anlagerung von Fermentationsgasbläschen entgegenwirkt. Sobald aber die Fermentationsrate sinkt, verringert sich das Gasbindungsvolumen und damit steigt das funktionelle spezifische Gewicht. Interessant fanden die Autoren, dass es auch in Proben mit einem durchschnittlichen spezifischen Gewicht von < 1 viele Partikel gab, die sedimentierten und umgekehrt in Proben von einem

spezifischen Gewicht von > 1 ein Teil der Partikel flotierte. Diese inhomogene Masse von Nahrungspartikeln zeigt, dass die beobachtete Migration von oder zu den unteren Sektionen der Sedimentationssäule eigentlich ein Resultat einer Kombination von Auf- und Abwärtsbewegungen von verschiedenen Partikelfractionen ist.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass das funktionelle spezifische Gewicht fermentierter Nahrungspartikel positiv mit dem Trockensubstanzabbau korreliert und zwar aufgrund der Veränderungen in den Gasanlagerungen, die bei lang fermentierten Proben abnehmen. Diese Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass die Pansenfermentation und die Ausflusssraten von faserigen Partikeln aus dem Pansen miteinander im Zusammenhang stehen. Die Korrelationen zwischen dem spezifischen Gewicht und dem Sedimentationsverhalten von Futterproben waren generell niedrig, offensichtlich aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung der Nahrungspartikel. Dies impliziert, dass die Messung des spezifischen Gewichts von Verdauungsmaterial das Sedimentationsverhalten von Verdauungspartikeln nicht exakt voraussagen kann (BAILLOINI et al. 1998).

KOVÁCS et al. (1997; 1998) fanden in der Fasermatte bei fistulierten Rindern einen höheren Anteil an grossen Partikeln und einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt als in der flüssigen Phase des Panseninhalts.

MARTIN et al. (1999) fanden signifikante Unterschiede im Gehalt an Mikroorganismen (vor allem Protozoen und zellulolytische Bakterien) sowie zellulolytischer Aktivität zwischen dem Inhalt des dorsalen und ventralen Pansens sowie des Atriums.

BERNARD et al. (2000) demonstrierten an fistulierten Schafen, dass sich im dorsalen Pansen grössere Partikel befanden als im Netzmagen; zudem fanden sie, dass der Trockensubstanz-Gehalt des Inhalts vom dorsalen Pansen über den ventralen Pansen hin zum Netzmagen abnahm.

TAF AJ et al. (2001) erarbeiteten eine Methode, um örtliche Unterschiede in der Pansenfermentation bei Rindern zu untersuchen. Sie beprobten mit einem eigens entwickeltem Probennehmer ca. 2 h nach der Morgenfütterung die obere Pansenschicht, in diesem Fall ca. 10 cm unter der Fasermatte befindlich, die mittlere Pansenschicht, ca. 35 cm unter der Fasermatte, sowie die unterste Schicht, ca. 10 cm über dem Boden befindlich. Untersucht wurden der pH-Wert, das Partikel/Flüssigkeitsverhältnis, sowie die Probenmenge. Bezüglich des Partikel/Flüssigkeitsverhältnisses ergaben sich Werte von 34-58 % für die obere Schicht, von 25-32 % für die mittlere Schicht und von 22-30 % für die ventrale Schicht. Die oberste Schicht hatte höhere Variationskoeffizienten für das

Partikel/Flüssigkeitsverhältnis und für die Probenmenge als die mittlere und untere Schicht. Für die Autoren wiesen diese Ergebnisse darauf hin, dass die oberste Schicht heterogener ist und stärker durch Faktoren wie z. B. die Pansenkontraktion und die Zeit nach der Wasseraufnahme beeinflusst wird. Der pH-Wert dagegen schien durch zuletzt genannte Faktoren weniger beeinflusst zu werden, da sein Variationskoeffizient wesentlich niedriger war.

HRISTOV et al. (2003) untersuchten die funktionelle Dichte von verschiedenen Partikelfractionen des Panseninhalts von Milchkühen. Die flotierende Partikelfraktion bestand zu einem grösseren Anteil aus grossen Partikeln als die sedimentierende Partikelfraktion. Die flotierenden Partikel hatten einen höheren Anteil an potentiell verdaulicher und einen geringeren Anteil an unverdaulicher Faser und wurden länger im Pansen retiniert.

TAF AJ et al. (2004) fanden einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt, einen höheren Gehalt an flüchtigen Fettsäuren sowie einen niedrigeren pH-Wert im dorsalen im Vergleich zum ventralen Panseinhalt, auch wenn sie keinen Unterschied in der Partikelgrösse demonstrieren konnten.

2.2 Wildwiederkäuer

Bei seinen Untersuchungen zur Verdauungsanatomie von Wildwiederkäuern bemerkte HOFMANN (1969), dass eine wie beim Hauswiederkäuer beschriebene Schichtung des Panseninhalts nur bei einigen grasfressenden Arten wie den Gnus oder den Riedböcken zu beobachten war. Bei laubfressenden Arten (in HOFMANN 1969 noch „Weichfutterfresser“ genannt) konnte er explizit keine Schichtung feststellen; im Gegenteil, er bemerkte, dass im Pansen dieses Äsungstyps oft eine „umgekehrte“ Schichtung vorkam, mit einer flüssigeren Phase, die auf einer durch schwereres Futter charakterisierten Schicht lag. HOFMANN (1973) bildete die bei Grasäsern typische Schichtung des Panseninhalts schematisch ab (Abb. 3) und betonte wiederum, dass eine solche Schichtung bei Laubäsern nicht vorkomme. Diese Beobachtung wurde speziell für den Elch von verschiedenen Autoren bestätigt (NYGREN und HOFMANN 1990; RENECKER und HUDSON 1990). CLAUSS et al. (2001) fanden im Vormageninhalt von Rehen keinen Unterschied in der Partikelgrösse der flotierenden und der sedimentierenden Fraktion und schlossen, dass dies die Tatsache einer fehlenden Schichtung des Panseninhalts auch bei dieser laubfressenden Wiederkäuer-Art belege.

Ausgehend von diesen Beobachtungen entwickelten CLAUSS et al. (2002; 2003a; 2006a; 2006b) einen neuen Ansatz zur Frage, ob sich Grasäser und Laubäser hinsichtlich ihrer

Verdauungsphysiologie und –morphologie unterscheiden. Die Autoren stellten die Hypothese auf, dass die treibende Kraft hinter der Wiederkäuer-Diversifikation und der Evolution der Grasäser der Unterschied in den physikalisch-mechanischen Eigenschaften ihrer Nahrung ist.

Der Inhalt des Ruminoreticulums der Laubäser besteht im allgemeinen aus einer homogenen, ungeschichteten Masse (HOFMANN 1973). In einem solchen Medium erscheint

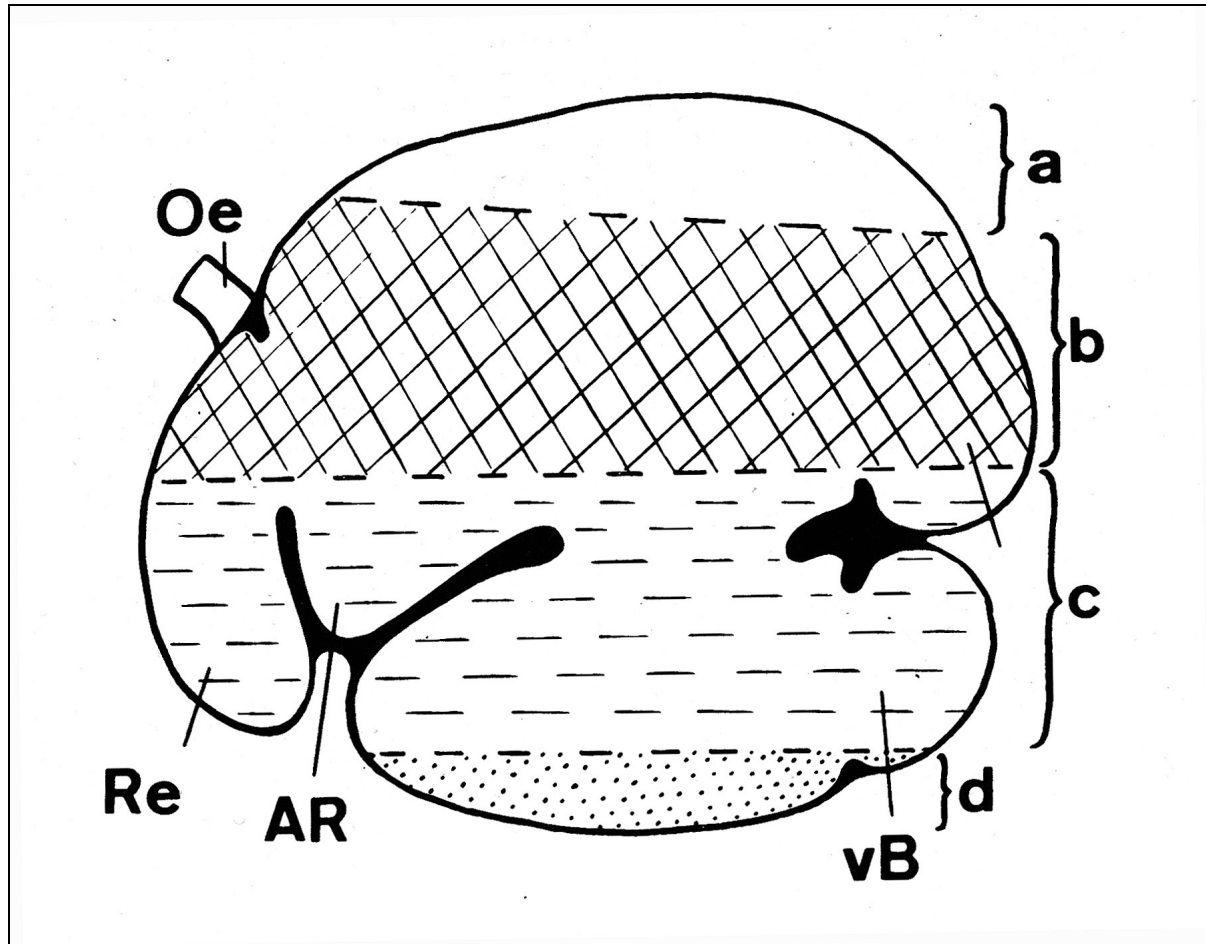


Abbildung 3: Schichtung des Panseninhalts bei Grasäsern nach HOFMANN 1973 (a Gasblase, b Schicht groben, spezifisch leichteren Futters, c Schicht schwereren oder feingekauten Futters, d „Schlammschicht“, Oe Oesophagus, Re Reticulum, AR Atrium ruminis, vB ventraler Blindsack; dorsaler Blindsack nicht beschriftet).

ein selektives Absinken, Flotieren oder ein Verfangen der einzelnen Partikel unmöglich (CLAUSS und LECHNER-DOLL 2001). Laub (dicotyledones Material) zerfällt in polygonale Partikel, wohingegen Gras (monocotyledones Material) beim Zerfall längliche Partikel bildet (TROELSEN und CAMPBELL 1968). Diese polygonalen Partikel der Laubäser sind nicht zur Bildung eines Fasernetzes geeignet (SPALINGER et al. 1993; VAN WIEREN 1996b). Bei Grasäsern dagegen können diese grossen Partikel von geringer Dichte auf der flüssigen Phase des Panseninhalts flotieren, dort ein Fasernetz ausbilden und dem Wiederkauen unterzogen werden, bis sich ihre Grösse soweit reduziert hat, dass sie auf den Ruminoreticulumboden sinken (LECHNER-DOLL et al. 1991; CLAUSS und LECHNER-

DOLL 2001). Grasäser sind mit ihrem voluminösen Ruminoreticulum und ihren dicken Pansenpfeilern ausgezeichnet an diese Eigenschaften ihrer Nahrung angepasst, während Laubäsern diese morphologischen Merkmale fehlen (CLAUSS et al. 2003a). In einer Studie von CLAUSS et al. (2003a) stellte sich heraus, dass die Pansenpfeilerdicke mit dem Grasanteil in der Nahrung korreliert. Eine Zusammenfassung dieser Überlegungen bietet Abb. 4.

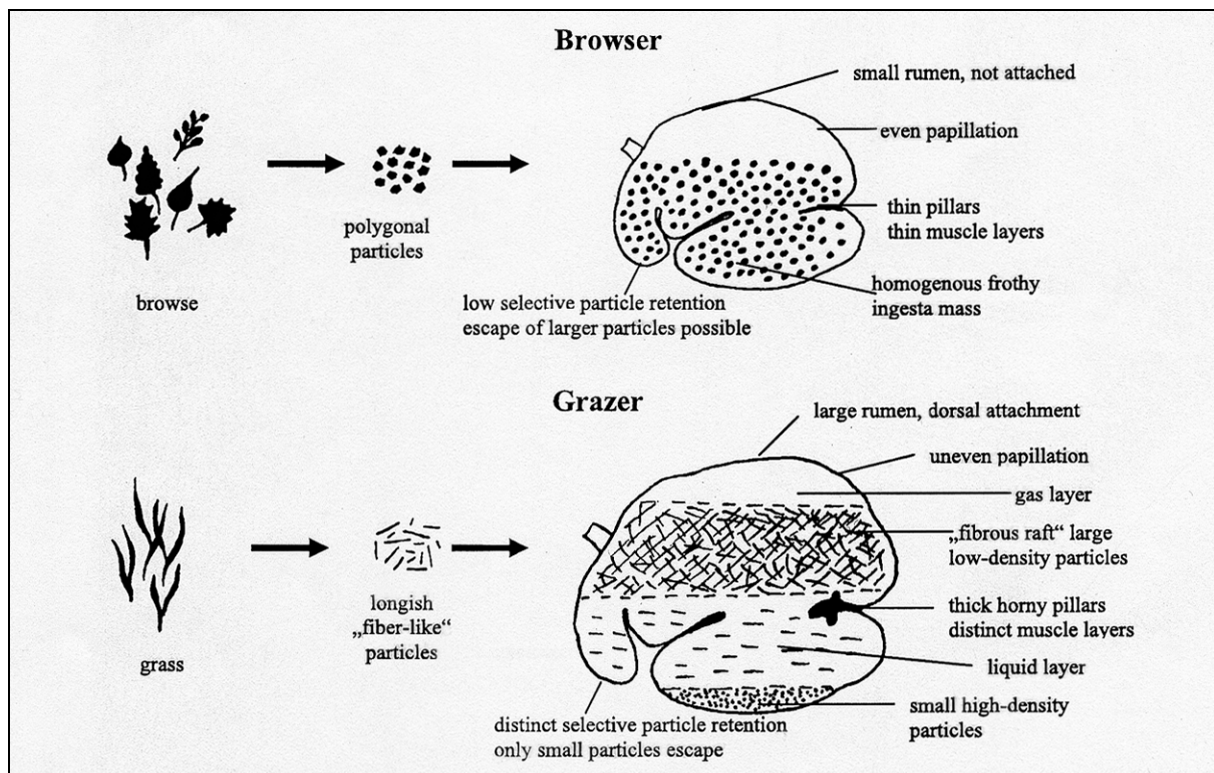


Abbildung 4: Schichtung des Panseninhalts von Laub- und Grasäsern (CLAUSS et al. 2003a).

Kot von Laubäsern enthält nach Beobachtungen von VAN WIEREN (1996b) grössere Partikel als Kot von Grasäsern vergleichbarer Körpergrösse. Auch CLAUSS et al. (2002) erhielten in einer Untersuchung zur Kotpartikelgrösse von Wildwiederkäuern höhere Werte für Laubäser als für Grasäser. Eine Erklärung dafür könnte die fehlende Schichtung des Panseninhalts, die schnellere Passage und die geringere selektive Partikelretention der Laubäser sein. Bei Laubäsern in Gefangenschaft wurde zudem häufig von Bezoar-Bildung berichtet. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Tiere bei der Fütterung von zu viel Heu, welches sie im Pansen nicht ausreichend zerkleinern können, grosse, fasernetzartige Partikel in die folgenden Vormägen entlassen und es dort zur Verklumpung führt (CLAUSS et al. 2002).

Aufgrund der unterschiedlichen Meinungen mehrerer Autoren bezüglich der Passagezeiten von Laub- und Grasäsern, befassten sich CLAUSS und LECHNER-DOLL (2001) mit dem Selektivitätsfaktor von Laub- und Grasäsern im Vergleich. Den Ergebnissen dieser

Untersuchungen zufolge können Laubäser nicht im selben Zeitumfang selektive Partikelretention betreiben wie Grasäser.

In einer Untersuchung zur Flüssig- und Partikelmarkerretention bei Mufflons und Rehen zeigten die Ergebnisse von BEHREND et al. (2004) wiederum, dass Laubäser schnellere Passagezeiten haben als Grasäser. Aufgrund der langsamen Passagezeiten sind Grasäser in ihrer Nahrungsaufnahme limitiert und müssen sich folglich anpassen, indem sie ihr Vormagenvolumen erhöhen, um somit auch ihren Energiebedarf zu decken (CLAUSS et al. 2003d). Ihre Fähigkeit zur Schichtung der Nahrungspartikel im Ruminoreticulum ist einer der Hauptfaktoren, der für die selektive Partikelretention verantwortlich ist (LECHNER-DOLL et al. 1991). Ein entscheidender Faktor für diese Schichtung könnte die Konsistenz der Flüssigkeit im Ruminoreticulum der Grasäser sein (CLAUSS et al. 2006a) und nicht der von HOFFMANN (1989) postulierte Unterschied in der Weite der intraruminalen Öffnungen bei den verschiedenen Äsungstypen. CLAUSS et al. (2006a) sind der Meinung, dass für die Schichtung von Nahrungspartikeln ein Medium von geringer Viskosität nötig ist, welches die Partikelbewegung nach oben (Flotieren) oder nach unten (Sedimentieren) erlaubt. Ausschlaggebend für die Viskosität der Flüssigkeit des Ruminoreticulums ist unter anderem die Viskosität des Speichels (CLAUSS et al. 2006a). Früher nahm man an, dass die grösseren Speicheldrüsen der Laubäser auch in höheren Speichelflussraten bei diesen Tieren resultieren würden (HOFMANN 1989). CLAUSS et al. (2006a) aber sind der Meinung, dass diese grösseren Speicheldrüsen nicht notwendigerweise eine grössere Menge an Speichel produzieren, sondern stattdessen einen – wie von ROBBINS et al. (1995) beschriebenen - proteinreicheren und visköseren Speichel als die Parotisdrüsen der Grasäser. Die Autoren gehen aufgrund ihrer Untersuchungen zur mittleren Retentionszeit davon aus, dass zumindest grosse Grasäser höhere Flüssigkeitsausflussraten haben als Laubäser. Diese Beobachtung hängt vermeintlich mit der grösseren Produktion von dünnflüssigem Speichel bei Grassfressern zusammen. Passend zu der schnelleren Ausflussrate der Grasäser sei ihr grösserer Blättermagen, der distal des Ruminoreticulums für die Wasserrückresorption Sorge (CLAUSS et al. 2006b).

2.3 Studienziel

Das Ziel der vorliegenden Studie war es einerseits, die Schichtung des Panseninhalts bei Hauswiederkäuern (fistulierten Ochsen) in ihrer Abhängigkeit vom Fütterungszeitpunkt und der Futterart zu charakterisieren.

Anschliessend sollte am Panseninhalt von erlegten Wildwiederkäuern untersucht werden, ob sich die Hypothese, dass laubfressende Arten einen weniger geschichteten Panseninhalt haben, bestätigen lässt.

IV. Material und Methoden

1. Versuchsaufbau

Ziel der Untersuchungen war es, für die Schichtung des Vormageninhalts wesentliche Variable bei Wiederkäuern unterschiedlichen Äsungstyps (Grasfresser, Intermediärtypen, Laubfresser) zu messen. Hier waren drei verschiedene Parameter-Gruppen Untersuchungsziel:

- a) zur Darstellung der Schichtung des Vormageninhalts wurde
 - der Wassergehalt von dorsalem und ventralem Panseninhalt, von Netzmagen- sowie von Blättermageninhalt bestimmt.
 - die Verteilung der Partikelgrößen im Inhalt der gleichen vier Vormagenabschnitte bestimmt (mit Ausnahme von Reh und Mufflon).
- b) zur Untersuchung des Schichtungsverhaltens der aufgenommenen Nahrung wurde der Inhalt der verschiedenen Vormagenabschnitte einem Flotations-Sedimentations-Versuch unterworfen, in dem ermittelt wurde, ob sich die Partikel gemäss Grösse und Dichte auftrennen lassen.
- c) zur Untersuchung einer Anpassung des Tieres im Sinne einer Unterstützung der Ausprägung einer Schichtung im Vormageninhalt wurden die Parameter Viskosität, TS- und Rohproteingehalt des Pansensaftes bestimmt, die hier als Funktion der Viskosität des Speichels und/oder als Eigenschaft der aufgenommenen Nahrung begriffen werden.

Um die Schichtung des Vormageninhalts von Wiederkäuern zunächst im lebenden Tier zu charakterisieren, wurden drei Ochsen mit Pansenfisteln auf drei verschiedenen Futterationen (Gras, Grasheu, Luzerneheu) untersucht.

Die Untersuchung der Wildwiederkäuer erfolgte an Vormägen von frisch, im Rahmen von Jagd- oder Schlachtaktionen getöteten Tieren.

2. Tiere

Drei mit einer Pansenfistel versehene Ochsen (*Bos primigenius f. dom.*) des Instituts für Tierwissenschaften der Universität Bonn, Abteilung Tierernährung (Lehr- und Forschungsstation Frankenforst), wurden für die Untersuchungen am lebenden Tier verwendet.

Im Rahmen von Jagden wurden Individuen der Arten Elch (*Alces alces*; Ilmajoki, Finnland), Mufflon (*Ovis ammon musimon*; Forstamt Seesen/Harz), Rotwild (*Cervus elaphus*) und Reh (*Capreolus capreolus*; beide Forstamt Ebersberg) erlegt und untersucht.

Aus Privathaltungen wurden Bisons (*Bison bison*; Hofmetzgerei Wiesheu, Sickenhausen) sowie Mendesantilopen (*Addax nasomaculatus*; Al Wabra Wildlife Preservation, Qatar) nach Schlachtung untersucht.

Zusätzlich stand Pansensaft vom Elch von Tieren des Wildpark Langenberg, Schweiz, zur Verfügung.

Eine Auflistung aller durchgeführten Beprobungen bei den verschiedenen Tierarten findet sich in Tabelle 1. Dem Geschlecht der Tiere wurde in dieser Studie kein Gewicht beigemessen.

2.1 Haltung der Ochsen mit Pansenfistel

Die drei Ochsen wogen 1090, 1100 und 1180 kg. Sie wurden in Anbindehaltung gehalten und jeweils 14 Tage lang mit einem einheitlichen Futter (Grasheu, Luzerneheu oder frisches Gras) einmal täglich gefüttert; nach 3 h wurde das Futter, das bis dahin nicht gefressen worden war, wieder aus den Trögen entfernt. Die über fünf Tage als Frischgewicht ermittelte Futteraufnahme der drei Tiere zusammen betrug im Tagesdurchschnitt 24.3 ± 1.4 kg Grasheu, 22.6 ± 2.6 kg Luzerneheu und 48.9 ± 0.4 kg frisches Gras. Wasser stand den Tieren ad libitum in Form von Selbsttränken zur Verfügung. Die Nährstoffgehalte der Versuchsfutter sind im Appendix in Tabelle 33 aufgeführt.

2.2 Freilebende Tiere

Die im Rahmen der Jagden erlegten Tiere waren in ihrem jeweiligen Jagdrevier freilebend. Eine Zufütterung fand zur Zeit der Jagden (im September-Dezember 2004) nicht statt. Die Tiere wählten sich ihre Nahrung selbst. Der Panseninhalt wies im Falle der in Deutschland erlegten Tiere keine Anzeichen von einer artifiziellen Fütterung auf. Bei den finnischen Elchen fand sich in 2 von 20 Pansen ein grosser Anteil an Haferkörnern (Hinweis auf Beäsung von noch nicht geernteten Feldern). Das Gewicht der in Deutschland erlegten Tiere wurde vor Ort vor dem Aufbrechen durch Wiegen bestimmt. Das Gewicht der Elche wurde anhand von Messungen zur Gesamtlänge, Schulterhöhe und zum Brustumfang mit Hilfe einer Gleichung berechnet, die von mehr als 600 gewogenen und ausgemessenen Tieren abgeleitet wurde (NYGREN und WALLEN 2001).

Tabelle 1: Anzahl der pro Tierart/Tiergruppe entnommenen Proben und Untersuchungsmethoden (Siebanalytik, Flotations-Sedimentationsversuch mit anschließender Siebanalytik, Bestimmung von Trockensubstanz [TS], Viskosität und Rohprotein [Rp]).

Tierart	Panseninhalt (gesamt)		Panseninhalt (nach Abschnitten aufgeteilt)			Pansensaft		
	Siebanalytik	Flotation	TS	Siebanalytik	Flotation	TS	Viskosität	Rp
Addax (Krafftutter)	-	-	6	-	-	6	-	1*
Addax (Heu)	6	-	6	6	6	6	6	1*
Bison	10	-	10	10	10	10	10	2*
Rotwild	25	15	18	10	10	27	24	7*
Elch	18	-	18	18	18	27	21	19 und 3*
Mufflon	19	19	19	-	-	19	19	9 und 3*
Reh	29	29	23	-	-	27	26	7*

* Sammelprobe

Die in Ebersberg gejagten Tiere (Rot- und Rehwild) wurden nach dem Erlegen ungeöffnet zu einem Sammelplatz verbracht und innerhalb von 1-2 h nach dem Erlegen aufgebrochen mit unmittelbar anschliessender Probennahme. Die Mufflons wurden am Sammelplatz aufgebrochen und ihr Magen-Darm-Trakt uneröffnet in einen isolierten Thermo-Behälter geladen; nach Transport zur Untersuchungsstelle erfolgte die Probennahme innerhalb von 1-2 h nach Abschuss. Die Elche wurden an ihrer Abschuss-Stelle aufgebrochen; der gesamte Magen-Darm-Trakt wurde uneröffnet in einen isolierten Thermo-Behälter geladen, zur Untersuchungsstelle gefahren und innerhalb einer Stunde nach Abschuss eröffnet und beprobt. In allen Fällen war der Magen-Darm-Trakt sowie dessen Inhalt bei Beprobung körperwarm.

2.3 Geschlachtete Tiere

2.3.1 Bison

Die geschlachteten Tiere stammten von einer Bisonranch in Sickenhausen bei München. Es handelt sich um die grösste private Bisonhaltung in Deutschland mit ca. 30 ha Weidefläche, 50 Mutterkühen, 3 Zuchtbullen, ca. 40 Kälbern und ca. 30 Jungbullen. Um natürliche Bedingungen zu gewährleisten, werden die Tiere in der Herde auf Grasflächen gehalten. Im Winter steht Ihnen zusätzlich ein Offenstall zu Verfügung. Die Futtergrundlage besteht im Sommer aus Weidegras und Luzerne. Ausserdem werden Mineralfutter und Heu angeboten. In den Wintermonaten erhalten die Tiere zusätzlich Grassilage. Die Tiere wurden auf der Weide geschossen und entblutet, zur Schlachtereie transportiert und hier innerhalb von 20 Minuten nach Abschuss aufgebrochen. Die Probennahme erfolgte unmittelbar am eröffneten Vormagen. Bei der Eröffnung der Vormägen waren überwiegend Überreste von Gras und Heu zu sehen. Das Gewicht der Tiere wurde auf 350 – 650 kg geschätzt. In allen Fällen war der Magen-Darm-Trakt sowie dessen Inhalt bei Beprobung körperwarm.

2.3.2 Mendesantilope

Bei den geschlachteten Tieren handelte es sich um zwölf Surplus-Tiere aus einem Zuchtprogramm der privaten Al Wabra Wildlife Preservation, Qatar. Die Tiere wurden drei Monate vor der Schlachtung in zwei Gruppen (jeweils à drei weiblichen und drei männlichen Tieren) eingeteilt. Eine Gruppe wurde ausschliesslich mit einem grobstängeligen Grasheu gefüttert, wobei davon ausgegangen wurde, dass diese Nahrung der von Mendesantilopen in freier Wildbahn aufgenommenen Nahrung nahe kommt. Die andere Gruppe wurde mit dem in dieser Haltung üblichen Gemisch aus Weizenkleie und Gerstenkörnern ad libitum bei beschränktem Rauhfutterangebot (ca. 1 kg Heu pro Tier und Tag) gefüttert. Die Tiere wurden einzeln in 100-150 m² grossen Gehegen gehalten, in denen ihnen Schatten und Wasser ad libitum zur Verfügung standen. Die Tiere wurden in einem Treibgang mittels Bolzenschuss

betäubt und entblutet. Der Tierkörper wurde zum Sektionsraum verbracht, eröffnet, und der Vormagen wurde innerhalb von 30 Minuten nach der Schlachtung beprobt. In allen Fällen war der Magen-Darm-Trakt sowie dessen Inhalt bei Beprobung körperwarm.

3. Probennahme

3.1 Probennahme bei den fistulierten Ochsen

Der Vormageninhalt der Ochsen wurde zum Zeitpunkt 0, 3, 6, 12 und 24 h (nach Fütterung) beprobt. Für die Viskositätsbestimmung wurde zusätzlich zu den Zeitpunkten 1 und 2 h Pansensaft gewonnen. Alle Probennahmen wurden von der gleichen Person (Dr. J. Hummel) durchgeführt; dabei wurde ein 500 ml-Becherglas manuell in den Pansen bis zur Entnahmestelle (von der führenden Hand verschlossen) eingeführt. Am Entnahmeort (dorsaler Panseninhalt: unter der Oberfläche der Fasermatte; ventraler Panseninhalt: ca. 10 cm über dem ventralen Pansenboden; Netzmagen: im Netzmagenfundus) wurde mit der eingeführten Hand das Probenmaterial in das Becherglas verbracht bis dieses randvoll gefüllt war, um evtl. Kontaminationen bei der Rückführung des Glases zu vermeiden. Beim Rückführen wurde das Glas zudem wiederum durch die Hand abgedeckt. Die anschließende Verarbeitung der Proben erfolgte wie bei den Wildwiederkäuern (s. u.).

3.2 Probennahme bei Wildwiederkäuern

3.2.1 Entnahme und Eröffnung des Verdauungstraktes

Nach dem Ausweiden wurde der Pansen auf seine linke Seite gelegt, so dass rechts (cranial) der Netzmagen, caudodorsal von diesem der Blättermagen und links (caudal) der *Saccus caecus caudodorsalis* und *caudoventralis* zu liegen kamen. Zuerst wurde der Netzmagen durch einen Schnitt an seiner cranialen Wölbung eröffnet, danach der dorsale sowie der ventrale Pansensack durch parallele Schnittführung zum *Sulcus longitudinale dexter*, und zuletzt der zuvor abgesetzte Blättermagen durch einen Schnitt entlang des *Canalis omasi*. Nach jedem Schnitt wurden zuerst alle dieser Stelle entsprechenden Proben genommen, bevor der nächste Schnitt an der folgenden Lokalisation erfolgte, um eine Abkühlung des Inhaltes und einen Zutritt von atmosphärischer Luft so lange wie möglich hinauszuzögern. Die Probennahme war i.d.R. innerhalb von 10 min. beendet.

Um für eine eventuelle Schichtung des Panseninhalts repräsentatives Material zu gewinnen, wurde an der dorsalen Entnahmestelle vornehmlich der oben befindliche, dem Untersucher zugewandte Teil des Inhaltes beprobt und an der ventralen Entnahmestelle vornehmlich der unten befindliche, vom Untersucher abgewandte Teil des Inhaltes. Im Falle des Blättermagens wurde das zwischen den Blättern befindliche Material (im Gegensatz zum im *Canalis omasi* liegenden Material) beprobt.

3.2.2 Entnahme der Proben

- a) Proben zur Bestimmung der Trockensubstanz (TS): Zunächst wurden die Proben für die TS-Untersuchung entnommen. Es wurden aus dem dorsalen und ventralen Pansensack, dem Netzmagen sowie dem Blättermagen eine Handvoll Inhalt in einen beschrifteten Gefrierbeutel abgefüllt.
- b) Proben für die Flotations- und Partikelgrößen-Analytik: In Anlehnung an das Versuchsprotokoll von SUTHERLAND (1988) und CLAUSS et al. (2001) wurden die Flotations- und Sedimentationsproben gewonnen. Hierzu wurde eine repräsentative Menge (ca. 100 ml) frischen Inhalts von dorsalem und ventralen Panseninhalt, von Netzmagen sowie Blättermagen in einen 10x35 cm langen Plastikbeutel gefüllt und diesem ca. 1 Liter 37 °C warme, neutrale Pufferlösung nach McDougall (Zusammensetzung s. Tabelle 5 im Anhang) zugesetzt. Der Probenbeutel wurde zur vollständigen Durchmischung des Inhalts mehrfach geschwenkt und danach senkrecht in ein Wasserbad (37°C) gehängt. Nach 2 min. Aufenthaltszeit im Wasserbad, während der die Futterpartikel gemäss ihrer Dichte absinken bzw. aufsteigen konnten, wurde der flotierende Anteil vom Sediment getrennt, indem der Beutel über einen steifen Draht abgeknickt wurde. Somit entstanden pro Entnahmestelle 2 Proben, die wiederum in beschriftete Gefrierbeutel gefüllt wurden. Für die Tierarten Mufflon und Reh wurde nur je eine Flotations und je eine Sedimentationsprobe pro Pansen entnommen, da es aufgrund der Grösse des Vormagens nach Entnahme der TS-Proben nicht realistisch erschien, noch zuverlässig zusätzliche Proben von dorsalem und ventralem Panseninhalt zu erhalten; daher wurde eine repräsentative Mischprobe von dem verbleibenden Panseninhalt verwendet. Netz- und Blättermageninhalt waren bei diesen Spezies von so geringer Menge, dass nach der TS-Beprobung nicht mehr genügend Material für einen Flotationsversuch vorhanden war. Um die Anzahl der zu siebenden Proben zu reduzieren, wurden beim Rotwild ebenfalls bei 15 Tieren nur eine für den gesamten Panseninhalt repräsentative Probe für die Flotationsuntersuchung verwendet und nur bei 10 Tieren alle oben genannten vier Abschnitte beprobt. Bis zur weiteren Untersuchung wurden die Proben in einer Kühlkammer von 4 °C gelagert.
- c) Es wurde ca. 200 ml Pansensaft zur Viskositätsbestimmung gewonnen, indem der im Anschluss an die vorige Probennahme gut durchmischte Panseninhalt durch ein feinmaschiges, vierlagiges Käsetuch filtriert wurde. Die so gewonnene Flüssigkeit wurde in Reagenzgläser abgefüllt und 10 Minuten lang bei 3421 g zentrifugiert (6000

rpm in der EBA 20 Tischzentrifuge, Hettich, Tuttlingen, Deutschland). Der Überstand wurde in drei verschliessbare Reagenzröhrchen überführt, wobei darauf geachtet wurde, keine sichtbaren, sich von der sedimentierenden Schicht lösenden Partikel mit zu erfassen. Im Anschluss an erste Untersuchungen zum Einfluss der Lagerung auf die Viskositätsbestimmung (s.u.) wurden die so gewonnenen Proben bis zur Untersuchung bei -20°C gefroren gelagert.

4. Untersuchungsmethoden

4.1 TS- Bestimmung

Tarierte Petrischalen wurden mit ca. 10 g (Einwaage je nach Verfügbarkeit des Materials zwischen 3 und 70 g uS) der Probe befüllt und das Gewicht der Einwaage notiert. Die Schalen wurden daraufhin bei 103 °C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz, je nach Probenmenge einem Zeitraum von 1-2 Tagen, gelagert. Nach dem Trocknen wurden die Proben zum Abkühlen in den Exsikkator gestellt und zum Abschluss zurückgewogen.

4.2 Siebanalyse

Die Siebanalytik erfolgte mittels Nass-Rüttel-Siebung mit einer Siebmaschine (AS 200 digit, Retsch, Haan, Deutschland) mit einer Siebsäule aus 7 Sieben (lineare Maschenweite 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 0.063 mm). Die Laufzeit betrug pro Probe 10 min. bei einem Wasserdurchfluss von 2 l/min. Der Probenrückstand eines jeden Siebes wurde abgesammelt und quantitativ auf tarierte Petrischalen überführt. Daraufhin wurden die Proben im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach Abkühlen im Exsikkator wurde zurückgewogen und so die auf jedem Sieb retinierte TS-Menge ermittelt. Zum Abschluss wurde der „modulus of fineness“ (MOF) nach POPPI et al. (1980) berechnet. Der MOF ist ein dimensionsloses Mass für die Partikelgrösse. Je kleiner der MOF ist, desto grösser ist der Anteil feiner Partikel in der Probe. Zunächst wird der prozentuale Anteil der auf einem Sieb retinierten TS von der insgesamt auf allen sieben Sieben retinierten TS berechnet. Diese Prozentangaben werden für das kleinste Sieb mit dem Faktor 1, die für das nächstgrössere Sieb mit dem Faktor 2 etc. multipliziert und anschliessend addiert. Das Ergebnis wird durch 100 geteilt. Bei einer Siebsäule von 7 Sieben ergeben sich MOF-Werte zwischen 1 und 7. Ein MOF von 1.0 würde bedeuten, dass sich alle retinierten Partikel auf dem Sieb mit der kleinsten Maschenweite befanden.

4.3 Analyse des Pansensaftes

Der Überstand des zentrifugierten Pansensaftes wurde zuerst auf die Viskosität untersucht. Dazu wurden 16 ml der Flüssigkeit in einem Brookfield LVDVE230 Viskosimeter (Serial

Number E6536, Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, Massachusetts, USA) bei einer Temperatur von 37°C gemessen. Anhand der Proben von Elchen und Rotwild wurden die Befunde von DARDILLAT und BAUMONT (1992) bestätigt, dass weder ein mehrwöchiger Aufenthalt bei 4°C noch bei -20°C das Ergebnis der Viskositätsmessung beeinflusste. Daher wurden die Proben der Bisons und Mendesantilopen direkt nach der Probennahme bis zur Messung eingefroren.

Danach wurden 5 ml der Flüssigkeit in tarierte Aluminiumschalen einpipettiert und gewogen. Die Flüssigkeit wurde im Trockenschrank bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach Abkühlung im Exsikkator wurde die verbleibende Trockensubstanz durch Wiegen ermittelt. In diesem TS-Rückstand wurde im Anschluss der Stickstoffgehalt anhand des Kjeldahl-Verfahrens bestimmt.

Dafür wurde eine Probenmenge von ca. 0.5 g in Schiffchen eingewogen und in ein 250 ml Reagenzglas verbracht, dem dann 10 ml Schwefelsäure (mind. 96 %ig) mit dem Dispenser und einer Tablette Kjeltab Cu/3.5 (3.5 g K_2SO_4 + 0.4 g $CuSO_4 \times 5 H_2O$) zugesetzt wurden. Die Proben wurden anschliessend bei 410°C im Digestor 2020 (Foss; Hamburg) mit dem Programm 1 gekocht. Mit Hilfe des Kjeltec 2400 (Foss; Hamburg) wurde daraufhin der Stickstoffgehalt gemessen; der Gehalt an Rohprotein ergibt sich als $N \times 6.25$.

4.4 Statistik

Die Ergebnisse werden als Mittelwerte aller Individuen pro Spezies \pm der Standardabweichung (SD) dargestellt. Eine statistische Auswertung findet bei den Ochsen aufgrund der geringen Anzahl von Individuen nicht statt. Die Vergleiche bei den Wildwiederkäuern werden anhand von SPSS 11.0 mittels ANOVA oder mittels nicht-parametrischer Tests und nachfolgenden post-hoc tests durchgeführt. Für den Vergleich der beiden Addax-Gruppen wurde der t-test genutzt.

V. Resultate

1. Untersuchung an fistulierten Ochsen

1.1 Nicht quantifizierte Beobachtungen

Bei der Beprobung des Vormageninhalts durch die Pansenfistel fiel bei den Ochsen durchweg eine deutlich ausgeprägte Fasermatte auf, unter der sich eine Schicht von Flüssigkeit befand. Die Fasermatte reichte zumeist tief in den ventralen Pansen hinein. Subjektiv war die Fasermatte bei Luzerneheu am deutlichsten ausgeprägt bzw. für die Hand des Untersuchers am schwierigsten zu durchdringen. Nur vor bzw. 24 h nach der Fütterung nahm die flüssige Phase einen wesentlichen Anteil des Pansenraumes ein, ohne jedoch in den dorsalen Pansensack hinaufzureichen.

1.2 Vormageninhalt: Trockensubstanz-Gehalt

1.2.1 Unterschiede zwischen den Lokalisationen

Abbildung 5 zeigt den über die drei verschiedenen Fütterungsperioden gemittelten TS-Gehalt des Verdauungsmaterials im dorsalen und ventralen Pansensack sowie im Netzmagen der drei Ochsen zu den verschiedenen Zeitpunkten nach der Fütterung. Der TS-Gehalt im dorsalen Pansensack war höher als im ventralen Pansensack und im Netzmagen. Den höchsten Feuchtigkeitsgehalt wies der Netzmagen auf. Letzterer erreichte die niedrigsten TS-Werte 3 h nach der Fütterung. Ausserdem stieg der TS-Gehalt im Laufe der Zeit nach der Fütterung im ventralen Pansensack und im Netzmagen leicht an, wohingegen er dorsal zwar zunächst stark anstieg, nach 12 h aber deutlich abnahm. Zudem war der TS-Gehalt im ventralen Pansen und im Netzmagen sehr ähnlich. Die Einzeldaten befinden sich im Appendix in den Tabellen 6-8.

1.2.2 Unterschiede zwischen den Rationen

Abbildung 7 zeigt den für jede einzelne Fütterungsperiode errechneten durchschnittlichen TS-Gehalt des Verdauungsmaterials im dorsalen und ventralen Pansensack sowie im Netzmagen der drei Ochsen im Verlauf der Zeit. Der TS-Gehalt stieg unabhängig von der Fütterung von Grasheu, Luzerneheu oder frischem Gras dorsal nach der Fütterung stärker an als in den anderen beiden Vormagenabschnitten. Bei der Fütterung von Luzerneheu traten in allen drei Abschnitten die höchsten TS-Werte auf. Die Einzeldaten befinden sich im Appendix in den Tabellen 6-8.

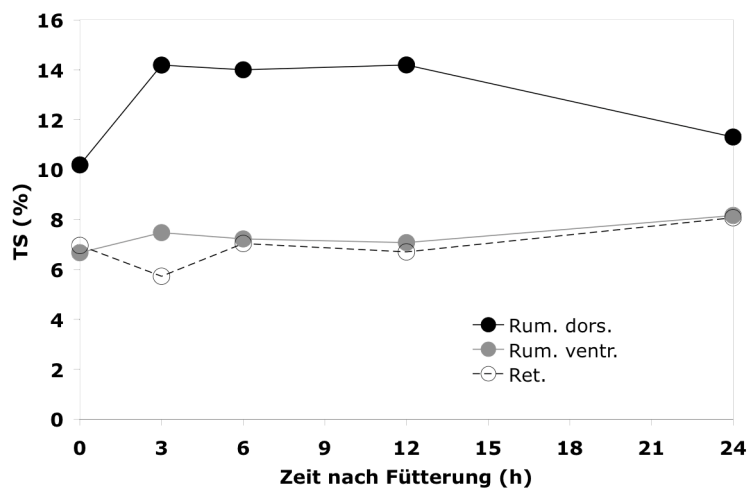


Abbildung 5: Über drei Fütterungsperioden gemittelter Trockensubstanz(TS)-Gehalt des Inhalts des dorsalen Pansens, ventralen Pansens sowie des Reticulums bei drei fistulierten Ochsen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Fütterung.

1.3 Vormageninhalt: Partikelgrößen-Verteilung

1.3.1 Ganzer Pansen: Unterschiede zwischen den Rationen

Abbildung 6 beinhaltet die durchschnittlichen MOF-Werte des gesamten Panseninhalts der verschiedenen Fütterungsperioden. In Abhängigkeit vom Fütterungszeitpunkt zeigte sich bei allen Rationen zunächst ein Anstieg, gefolgt von einem Abfall auf den Ausgangswert. Bei Grasheu fielen dabei Anstieg und Abfall drastischer aus als bei Luzerneheu oder frischem Gras. Die Einzeldaten befinden sich im Appendix in den Tabellen 9-11.

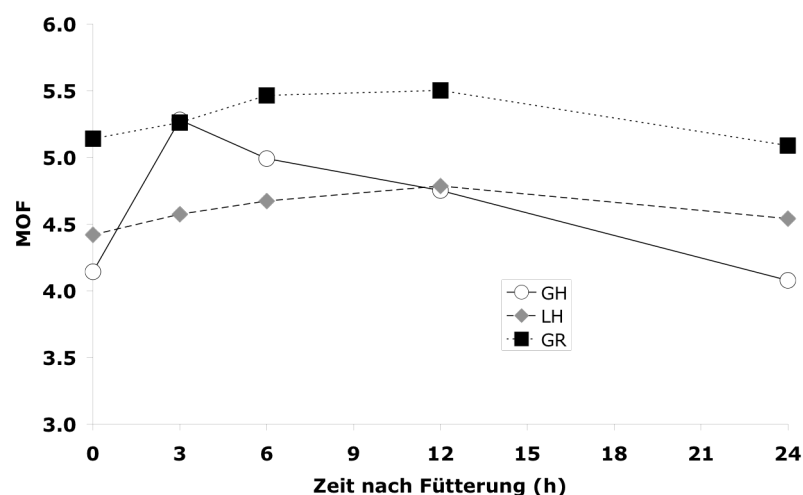


Abbildung 6: Nach Fütterungsperiode (Grasheu GH, Luzerneheu LH, frisches Gras GR) gemittelte Partikelgröße (MOF) des gesamten Panseninhalts von drei fistulierten Ochsen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Fütterung.

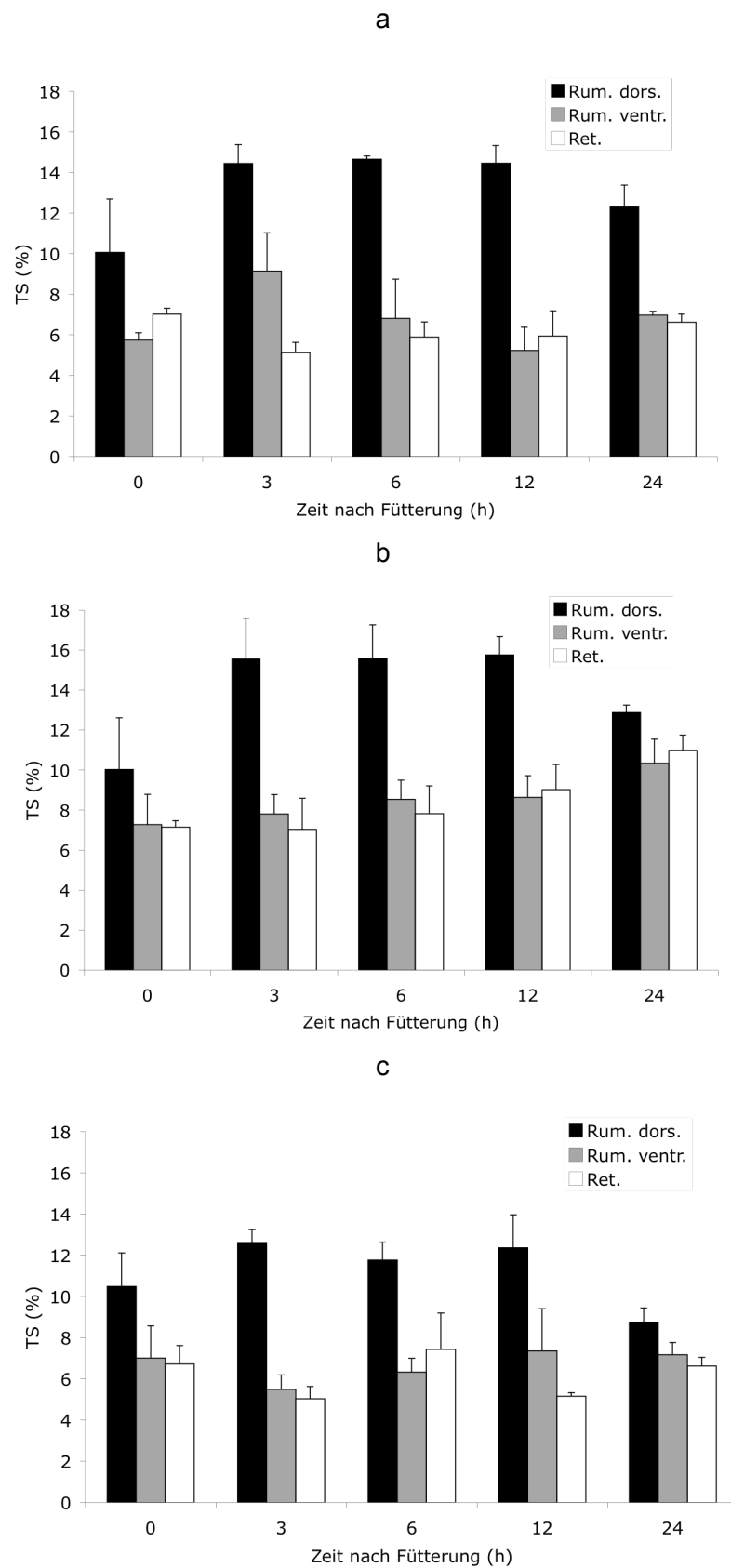


Abbildung 7: Nach Fütterungsperiode (a: Grasheu GH, b: Luzerneheu LH, c: frisches Gras GR) gemittelter Trockensubstanz(TS)-Gehalt des Inhalts des dorsalen Pansens, ventralen Pansens sowie des Reticulums bei drei fistulierten Ochsen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Fütterung.

1.3.2 Vormagenabschnitte: Unterschiede zwischen den Rationen

Abbildung 8 a zeigt die unterschiedlichen MOF-Werte zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Fütterung von **Grasheu** in den verschiedenen Vormagenabschnitten. Die MOF-Werte im ventralen Pansen und dem Netzmagen waren direkt vor der Fütterung fast identisch und deutlich niedriger als der MOF-Wert im dorsalen Pansen. Anschliessend stieg der Wert jedoch im ventralen Pansen und im Reticulum stark an, um daraufhin wieder zu sinken, während der Anstieg im dorsalen Pansen weniger ausgeprägt war. Im Gegensatz zu den anderen beiden Vormagenabschnitten stiegen hier die MOF-Werte nach der Fütterung langsam an und erreichten nicht nach 3 h, sondern erst nach 12 h ihren Höhepunkt und waren auch erst dann höher als die der anderen Lokalisationen.

Abbildung 8 b zeigt den Verlauf der MOF-Werte in den verschiedenen Vormagenabschnitten nach der Fütterung von **Luzerneheu**. Hier waren sowohl Verlauf als auch Grössenordnung der Werte von ventralem Pansen und Netzmagen sehr ähnlich. Unmittelbar nach der Fütterung sanken die Werte ab und stiegen dann kontinuierlich wieder an. Im dorsalen Pansensack waren die Werte stets höher als ventral und im Netzmagen und zeigten nach einem anfänglichen Anstieg einen Abfall zwischen 12 und 24 h nach der Fütterung.

Abbildung 8 c zeigt den Verlauf der MOF-Werte der verschiedenen Vormagenabschnitte bei Fütterung von **frischem Gras**. Wie in Abbildung 8 a war der Verlauf der Werte im ventralen Pansen und im Netzmagen sehr ähnlich, mit wiederum höheren Werten für den ventralen Pansensack. In beiden Vormagenabschnitten sanken die MOF-Werte nach der Fütterung ab, um daraufhin bis zu 6 h nach Fütterung wieder anzusteigen und dann auf einem ähnlichen Niveau zu bleiben. Im dorsalen Pansen waren die Werte bereits vor der Fütterung wesentlich höher und stiegen bis zur sechsten Stunde langsam an, um zwischen 12 und 24 h nach der Fütterung leicht abzusinken. Auffallend waren die zu jeder Zeit bedeutend höheren Werte für den dorsalen Pansen im Vergleich zu den Werten des ventralen Pansens und des Netzmagens. Die Einzeldaten befinden sich im Appendix in den Tabellen 9-11.

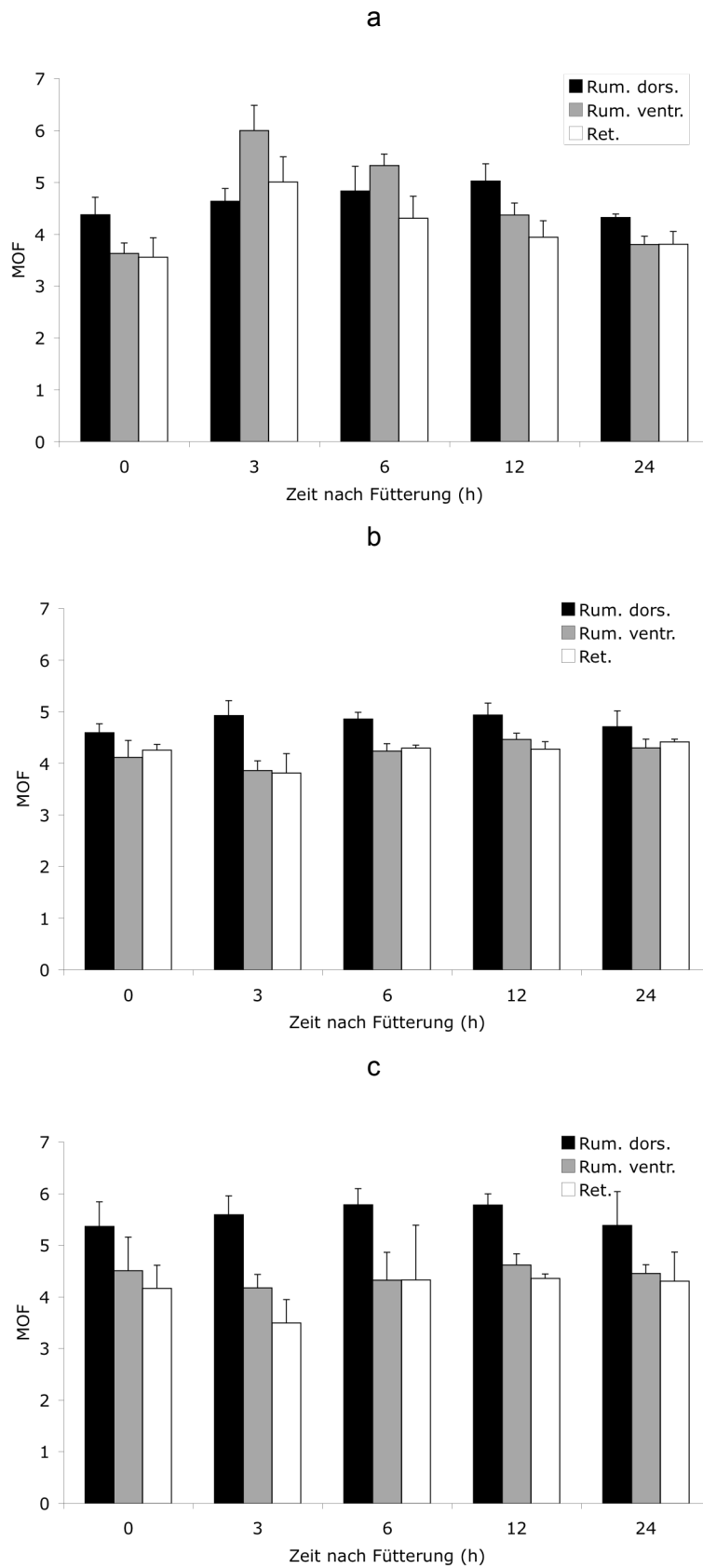


Abbildung 8: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) im Inhalt des dorsalen Pansens, ventralen Pansens sowie Reticulums von drei fistulierten Ochsen auf a) Grasheu, b) Luzerneheu und c) frischem Gras in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Fütterung.

1.4 Pansensaft

Wie aus Abbildung 9 a ersichtlich ergaben sich keine relevanten Unterschiede in der Viskosität des Pansensaftes zwischen den verschiedenen Fütterungsperioden oder zwischen den verschiedenen Entnahmezeitpunkten. Die Viskosität des Pansensaftes lag nur geringfügig über der von Wasser. Abbildung 9 b zeigt, dass sich der Trockensubstanz-Gehalt im Pansensaft zwischen den Rationen und Zeitpunkten ebenfalls wenig unterschied. Die Einzeldaten befinden sich im Appendix in den Tabellen 12-14.

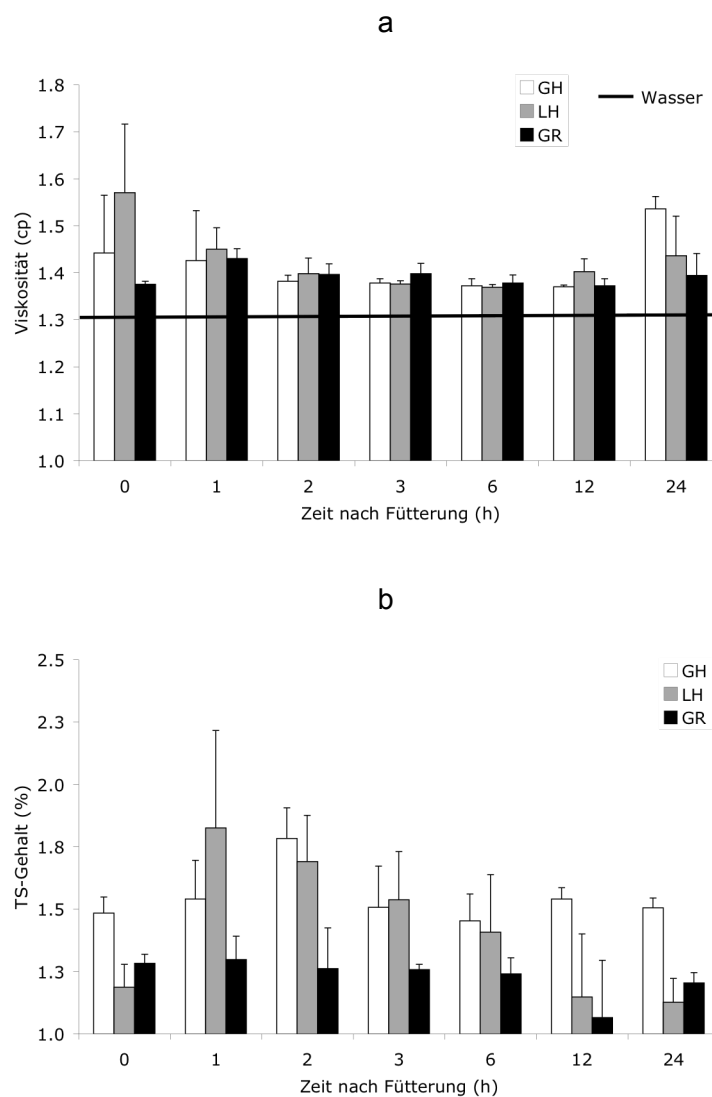


Abbildung 9: Durchschnittliche Viskosität (a) und Trockensubstanz(TS)-Gehalt (b) des Pansensaftes von drei fistulierten Ochsen auf Grasheu (GH), Luzerneheu (LH) und frischem Gras (GR) in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Fütterung.

1.5 Flotationsversuche

1.5.1 Ganzer Pansen: Unterschiede zwischen den Rationen im flotierenden Partikelanteil

Abbildung 10 beschreibt den Prozentsatz der flotierenden Partikel im gesamten Panseninhalt auf den drei verschiedenen Rationen. Grasheu und frisches Gras flotierten insgesamt mehr als Luzerneheu. Direkt nach der Fütterung (3 h) unterschieden sich die Rationen in ihrem Flotationsverhalten nur unwesentlich, da der flotierende Anteil bei Grasheu und frischem Gras deutlich zurückging, um danach wieder anzusteigen. Bei frischem Gras konnte man zwischen 12 und 24 h nochmals einen steilen Anstieg im Anteil der flotierenden Partikel beobachten.

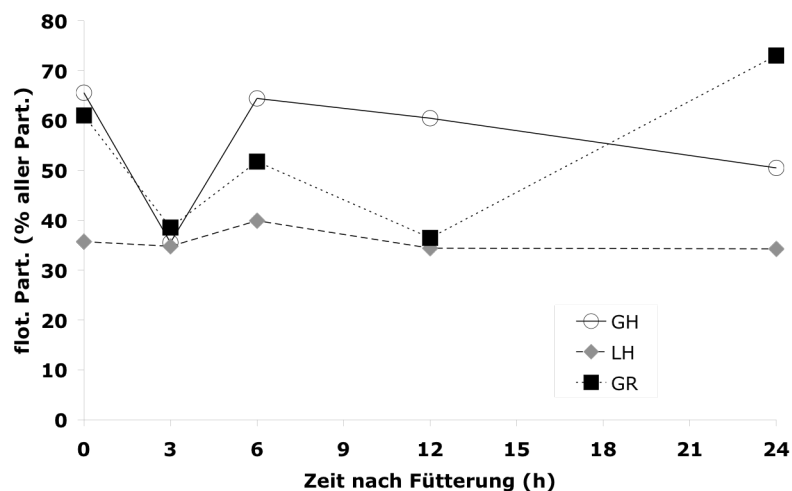


Abbildung 10: Anteil der flotierenden Partikel des gesamten Panseninhalts von drei fistulierten Ochsen bei unterschiedlicher Fütterung (Grasheu GH, Luzerneheu LH, frisches Gras GR) in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Fütterung.

1.5.2 Vormagenabschnitte: Unterschiede zwischen den Rationen im flotierenden Partikelanteil

Abbildung 11 zeigt den Anteil flotierender Partikel an der Gesamtheit aller Partikel im Vergleich der verschiedenen Vormagen-Lokalisationen und Fütterungsregime. Bei den Ochsen ist der Anteil an flotierenden Partikeln bei der Fütterung der 3 Rationen dorsal stets höher als der Anteil an flotierenden Partikeln im ventralen Pansen, mit Ausnahme zu Stunde 6 bei Gras- und Grasheufütterung und mit Ausnahme zur Stunde 12 bei der Grasfütterung.

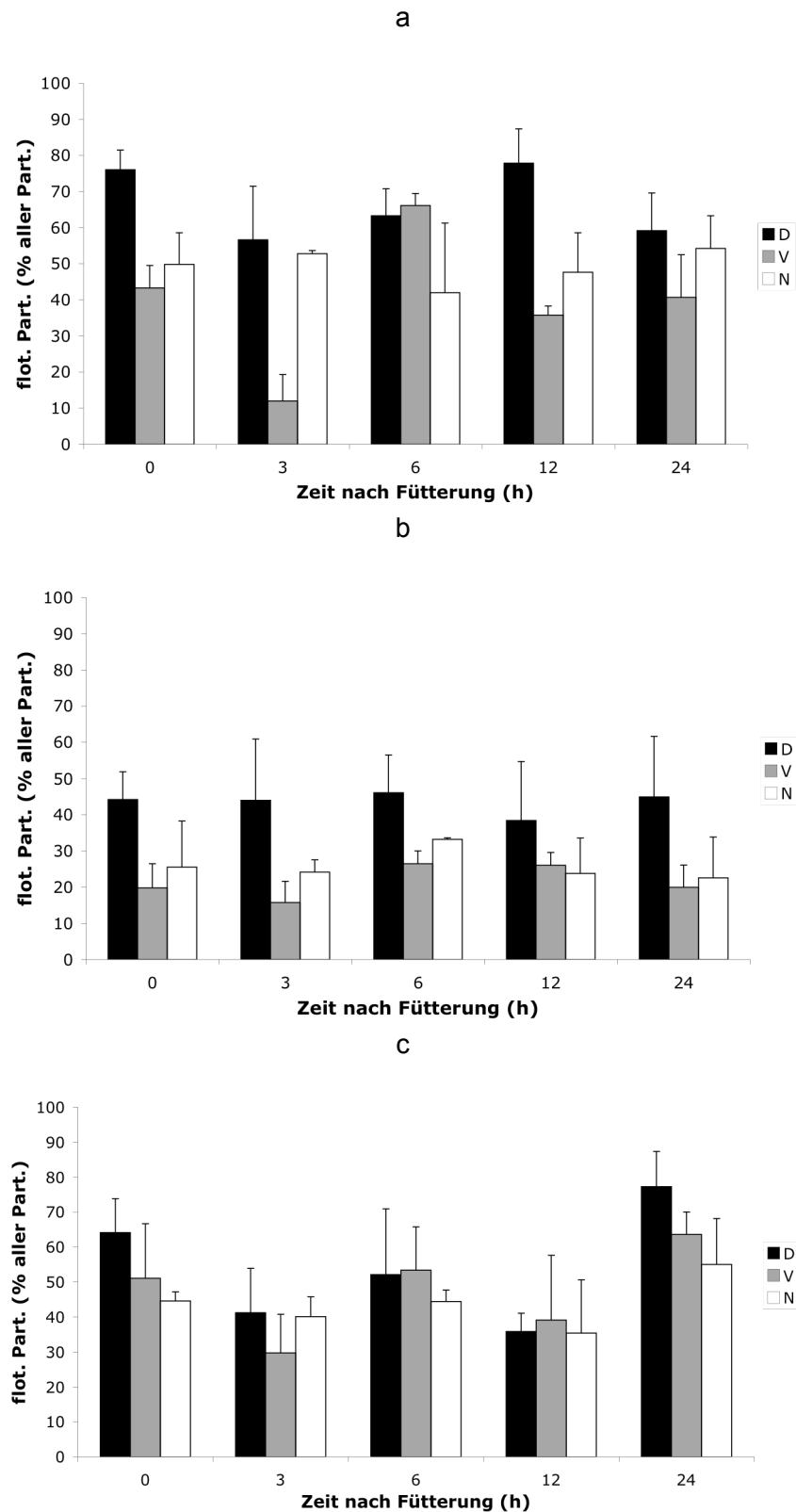


Abbildung 11: Durchschnittlicher Anteil flotierender Partikel (in Gewichts-% aller Partikel) im dorsalen Pansen (D), ventralen Pansen (V) und Reticulum (N) bei drei fistulierten Ochsen auf a) Grasheu, b) Luzerneheu und c) frischem Gras in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach der Fütterung.

1.5.3 Ganzer Pansen: Unterschiede zwischen den Rationen in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln

Aus Abbildung 12 wird zunächst ersichtlich, dass die MOF-Werte für sedimentierenden Panseninhalt meist niedriger waren als die des flotierenden Anteils, mit Ausnahme für den sedimentierenden Anteil von Grasheu direkt nach der Fütterung. Bei der Grasration ergaben sich auch für den sedimentierenden Teil zwischen 3 und 12 h nach der Fütterung hohe Werte, die nahe an die des flotierenden Anteils heranreichten. Letztere wiesen von allen die höchsten Werte auf. Nach 12 h sanken die MOF-Werte des sedimentierenden Anteils bei allen drei Rationen.

1.5.4 Vormagenabschnitte: Unterschiede zwischen den Rationen in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln

Abbildung 13 zeigt die MOF-Werte für flotierenden und sedimentierenden Inhalt in den verschiedenen Vormagenabschnitten zu den unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Fütterung der verschiedenen Rationen. Wiederum zeigte sich, dass die sedimentierende Partikelfraktion stets einen kleineren MOF-Wert aufwies als die flotierende Fraktion; die einzigen Ausnahmen waren der dorsale und ventrale Panseninhalt (aber nicht der Inhalt des Reticulums) direkt nach der Grasheu-Aufnahme sowie der dorsale Panseninhalt 3-12 h nach Aufnahme von frischem Gras.

Abbildung 14-16 zeigen den prozentualen Anteil flotierender Partikel an allen Partikeln einer Siebgrösse zu den verschiedenen Entnahmezeitpunkten in den verschiedenen Vormagenabschnitten für die drei unterschiedlichen Fütterungsperioden. Eine Schichtung des Panseninhalts liesse sich mit dieser Darstellungsweise vor allem daran erkennen, dass ein Grossteil der grossen Partikel in der flotierenden und ein Grossteil der kleinen Partikel nicht in der flotierenden (also in der sedimentierenden) Fraktion vorliegen. Dies war vor allem bei der Fütterung mit Luzerneheu gegeben, bei der zu fast allen Zeitpunkten ein Rückgang des flotierenden Anteils mit sinkender Partikelgrösse gegeben war. Bei Grasheu war eine derartige Verteilung am ehesten im Netzmagen zu finden, vor allem 6 h nach Fütterung. Bei frischem Gras war dieses Muster zwar für alle Vormagenabschnitte deutlich, jedoch nur im Vergleich der grössten Partikelklasse (4 mm) zu allen anderen Partikeln.

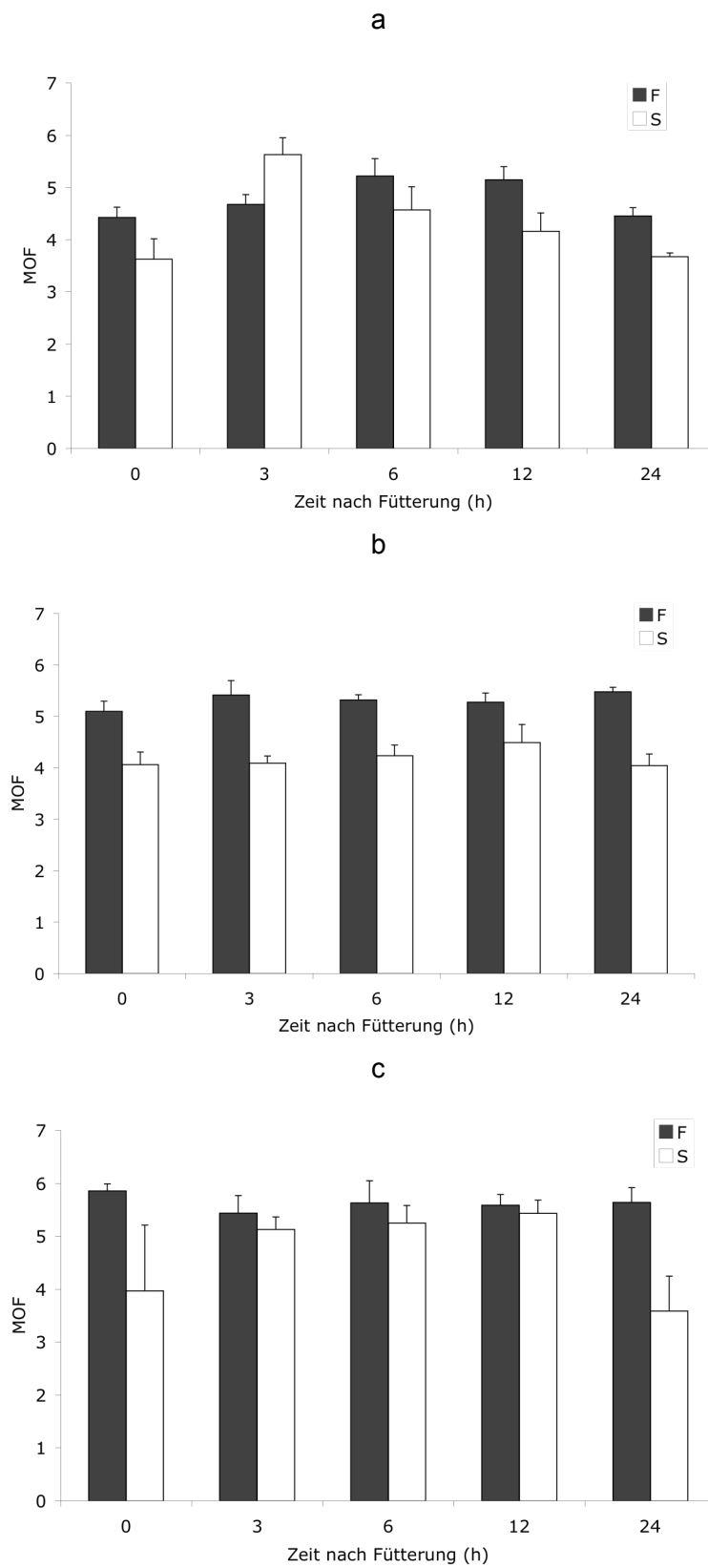


Abbildung 12: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) des flotierenden (F) und sedimentierenden (S) Anteils des gesamten Panseninhalts von drei fistulierten Ochsen auf a) Grasseheu, b) Luzerneheu und c) frischem Gras.

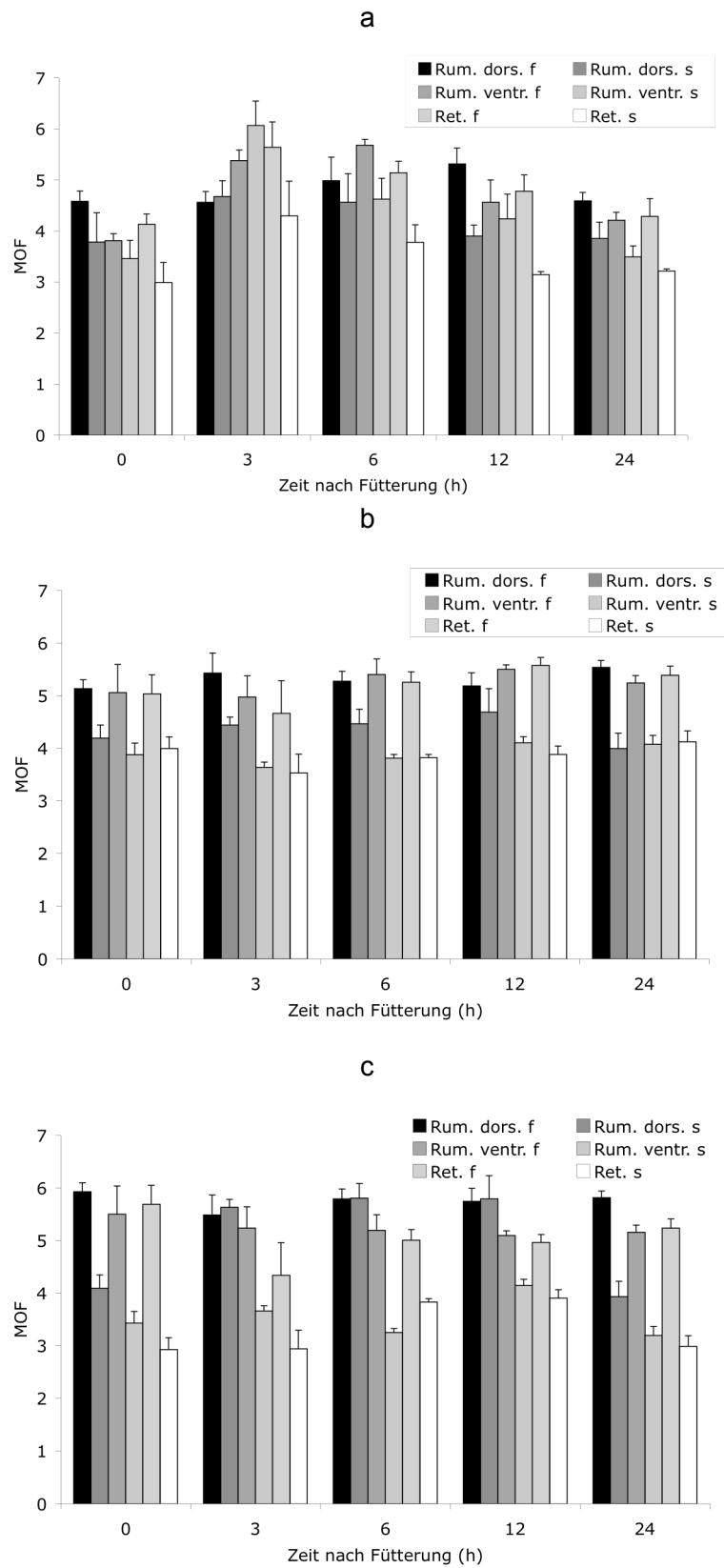


Abbildung 13: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) des flotierenden (F) und sedimentierenden (S) Anteils des Inhalts von dorsalem Pansen, ventralem Pansen und Reticulum bei drei fistulierten Ochsenauf a) Grasheu, b) Luzerneheu und c) frischem Gras in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach der Fütterung.

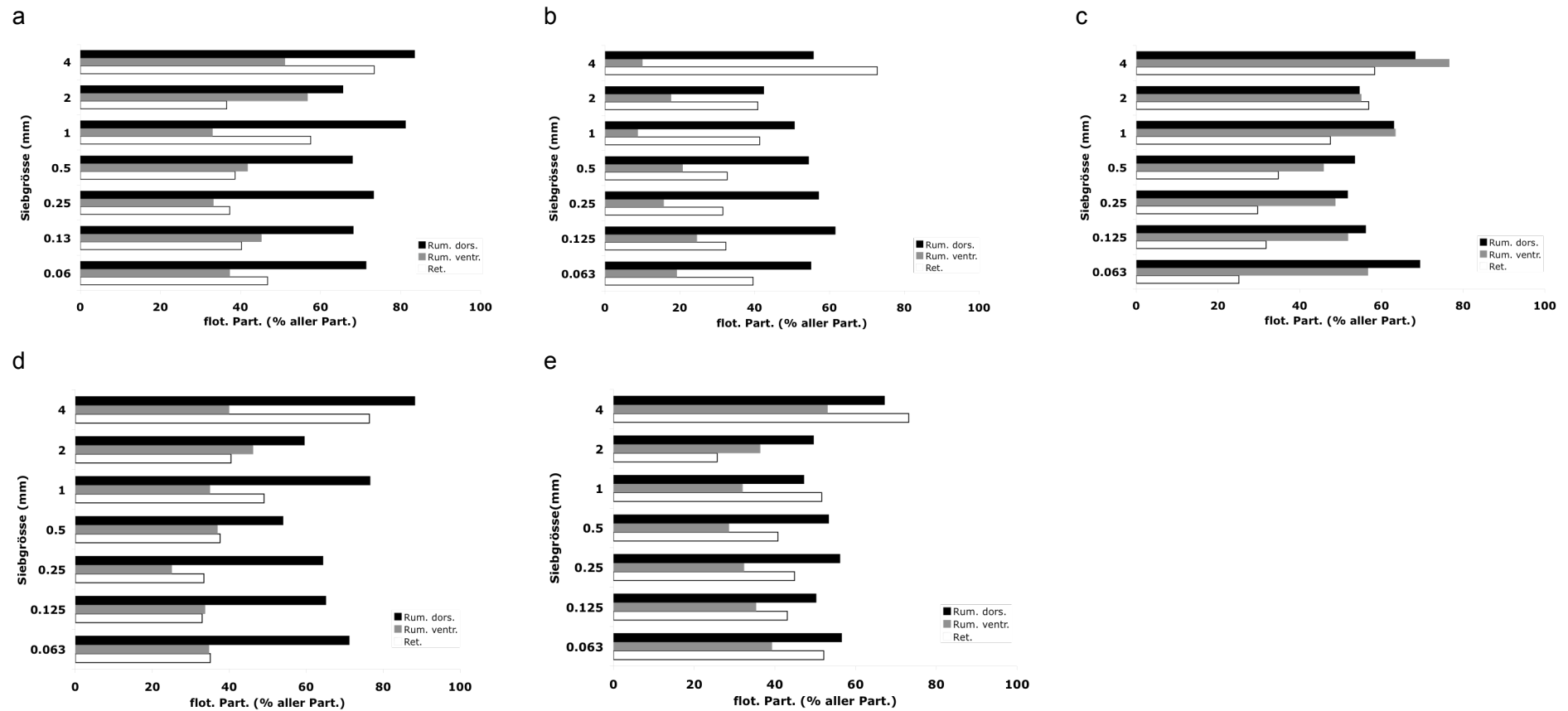


Abbildung 14: Durchschnittlicher prozentualer Anteil der floterenden Partikel an der Gesamtheit aller Partikel einer Siebgröße im dorsalen Pansen, ventralen Pansen und Reticulum dreier fistulierter Ochsener bei Fütterung von Grasheu zu verschiedenen Zeitpunkten (a = 0 h, b = 3 h, c = 6 h, d = 12 h, e = 24 h nach Fütterung).

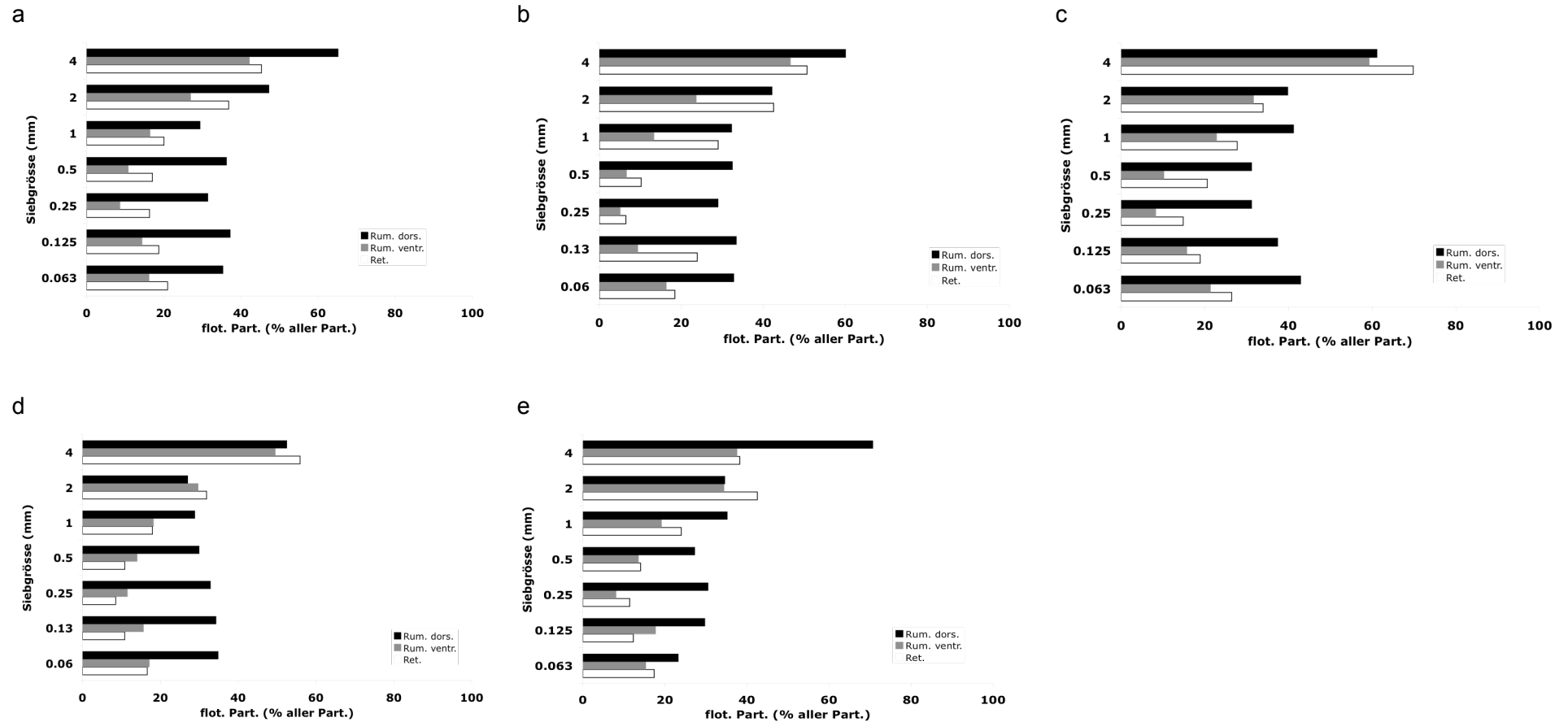


Abbildung 15: Durchschnittlicher prozentualer Anteil der flotierenden Partikel an der Gesamtheit aller Partikel einer Siebgröße im dorsalen Pansen, ventralen Pansen und Reticulum dreier fistulierter Ochs bei Fütterung von Luzerneheu zu verschiedenen Zeitpunkten (a = 0 h, b = 3 h, c = 6 h, d = 12 h, e = 24 h nach Fütterung).

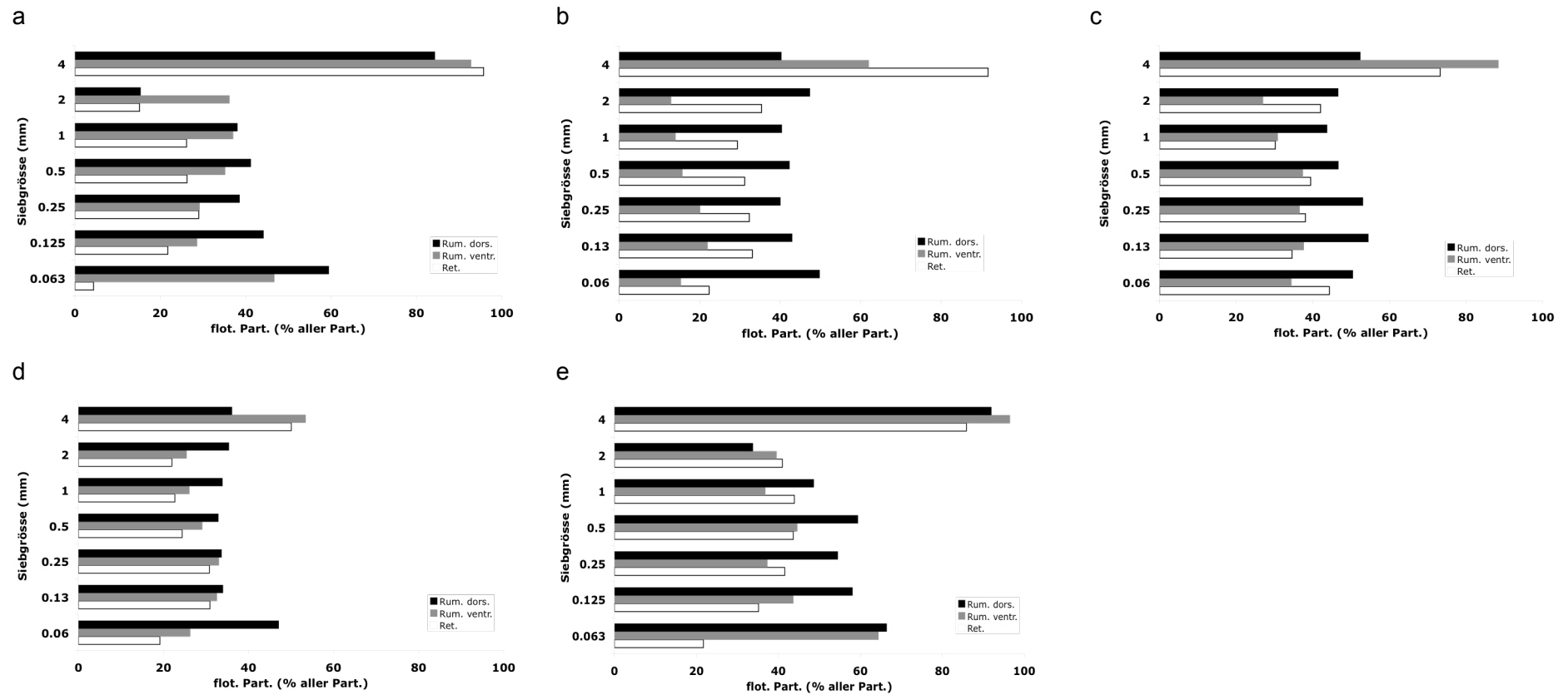


Abbildung 16: Durchschnittlicher prozentualer Anteil der flotierenden Partikel an der Gesamtheit aller Partikel einer Siebgröße im dorsalen Pansen, ventralen Pansen und Reticulum dreier fistulierter Ochsen bei Fütterung von frischem Gras zu verschiedenen Zeitpunkten (a = 0 h, b = 3 h, c = 6 h, d = 12 h, e = 24 h nach Fütterung).

2. Vergleich der zwei Addax-Gruppen

Abbildung 17 zeigt den TS-Gehalt des Inhalts der Vormägen bei den zwei Addax-Gruppen. Bei den Tieren, die hauptsächlich mit Kraftfutter gefüttert wurden, wiesen der Inhalt des ventralen Pansensacks und des Netzmagens höhere TS-Werte auf als der des dorsalen Pansensacks.

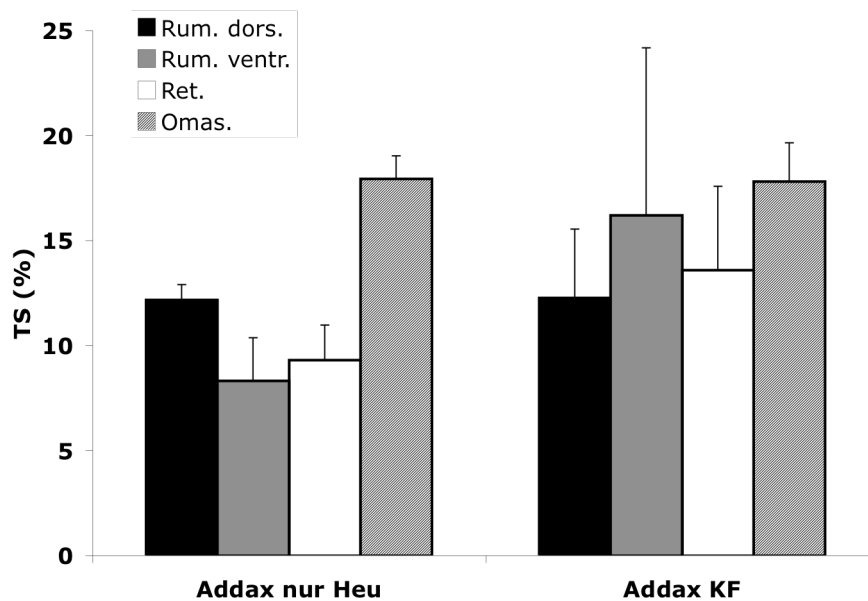


Abbildung 17: Trockensubstanz(TS)-Gehalt des Inhalts von dorsalem Pansen, ventralem Pansen, Reticulum und Omasum bei mit Heu oder mit Kraftfutter (KF) gefütterten Addax-Antilopen (*Addax nasomaculatus*; je Gruppe $n=6$).

Bei den mit Heu gefütterten Addax ergab sich ein signifikanter Unterschied im TS-Gehalt zwischen dem Omasum und den anderen Vormagenabschnitten; bei den mit Kraftfutter gefütterten Addax waren diese Unterschiede hingegen nicht signifikant.

Der t-Test zeigte, dass sich die TS-Gehalte des ventralen Panseninhalts und des Netzmageninhalts signifikant zwischen den Gruppen unterschieden. Die Einzeldaten befinden sich in der Tabelle 15 im Appendix.

3. Untersuchungen an grossen Wildwiederkäuern (Addax, Bison, Rotwild, Elch)

3.1 Nicht quantifizierte Beobachtungen

Eine abgegrenzte Fasermatte war bei der Eröffnung der meisten Vormägen nicht zu erkennen. Der Pansen erschien zumeist komplett mit Pflanzenmaterial angefüllt. Allerdings erschien am liegenden, eröffneten Pansen oft diese Pflanzenschicht gegen eine dünne, darunter befindliche, durch einen höheren Flüssigkeitsanteil charakterisierte Schicht verschieblich; in Einzelfällen konnte das Pflanzenmaterial/die Fasermatte durch wippende Bewegungen auf dieser Flüssigkeit zum Schwingen oder „Schwappen“ gebracht werden, so dass sich sensorisch das Gefühl einer Schichtung einstellte. Derartige Einzelfälle kamen bei allen vier grossen Wildwiederkäuer-Arten vor. Der Panseninhalt von Elchen wirkte zuweilen, aber nicht immer, schaumig. Netzmageninhalt erschien subjektiv stets flüssiger als Panseninhalt, während Blättermageninhalt im Vergleich zu den anderen Vormagenabschnitten feiner und trockener erschien. Der durch das Käsetuch abgepresste Pansensaft von Addax und Bison erschien dünnflüssig-wässrig und verursachte oft ein plätscherndes Geräusch im Auffanggefäss; der so abgepresste Pansensaft der Elche erschien oft sämig/cremig, dickflüssig und rann ohne Geräusch in den Probenbehälter.

3.2 Vormageninhalt: Trockensubstanz-Gehalt

Abbildung 18 zeigt den TS-Gehalt des Inhalts der Vormagenabschnitte bei Addax, Bison, Rotwild und Elch; signifikante Unterschiede sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Einzelwerte befinden sich im Appendix in den Tabellen 15-18. Der Blättermagen wies bei allen Spezies die höchsten TS-Gehalte auf; die innerartlichen Unterschiede zu den anderen Vormagenabschnitten waren jeweils signifikant. Bei Addax und Bison war ein deutlicher, bei Rotwild ein geringer und beim Elch kein Unterschied im TS-Gehalt zwischen dorsalem und ventralem Panseninhalt zu erkennen. Bei Addax und Bison enthielt zudem der ventrale Panseninhalt mehr Flüssigkeit als der Netzmagen, während es sich bei Rotwild und Elch umgekehrt verhielt.

Die Unterschiede im TS-Gehalt von dorsalem und ventralen Pansen sowie Netzmagen waren beim Elch nicht signifikant; beim Rotwild ergaben sich signifikante Unterschiede (der Unterschied zwischen dorsalem und ventralen Panseninhalt lag dabei knapp über dem Signifikanzniveau mit $p = 0.059$); bei Addax und Bison war der Unterschied zwischen dorsalem und ventralen Panseninhalt/Netzmageninhalt signifikant, nicht jedoch der Unterschied zwischen ventralem Panseninhalt und Netzmageninhalt.

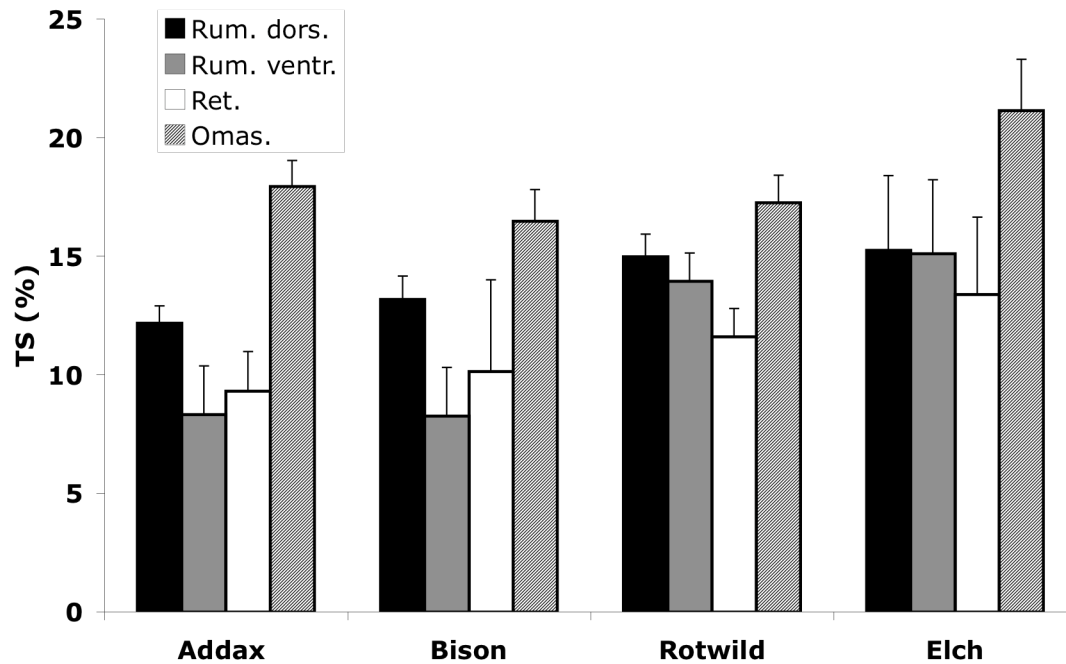


Abbildung 18: Trockensubstanz(TS)-Gehalt des Inhalts von dorsalem Pansen, ventralem Pansen, Reticulum und Omasum bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

Tabelle 2: Übersicht über die Signifikanzen der ermittelten Unterschiede im Trockensubstanz-Gehalt des Inhalts der verschiedenen Vormagenabschnitte bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

Vergleich	Addax	Bison	Rotwild	Elch
Rum. dors. - Rum. ventr.	*	*	(*)	n.s.
Rum. dors. - Ret.	*	*	*	n.s.
Rum. ventr. - Ret.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Omas. - andere Vormagenabschnitte	*	*	*	*

3.3 Vormageninhalt: Partikelgrössen-Verteilung

3.3.1 Ganzer Pansen

Die durchschnittliche Partikelgrösse im gesamten Panseninhalt war beim Addax signifikant niedriger als bei Bison und Elch; der MOF-Wert des Rotwild war noch signifikant niedriger als der der Elche (Abb. 19). Die Einzeldaten befinden sich in den Tabellen 21-24 im Appendix.

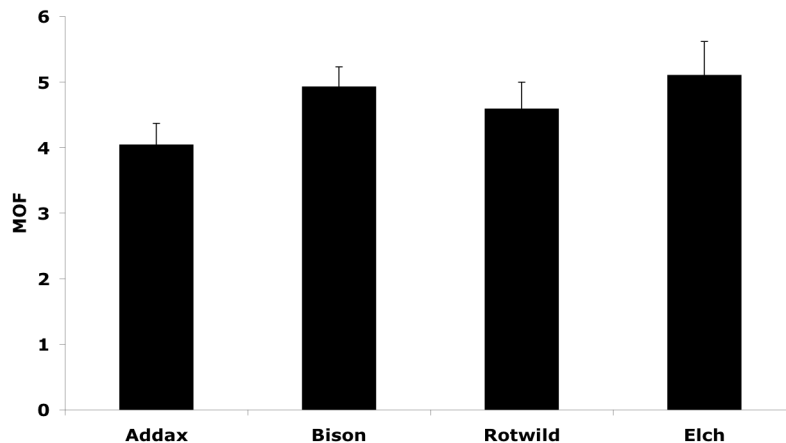


Abbildung 19: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) im gesamten Panseninhalt bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

3.3.2 Vormagenabschnitte

Abbildung 20 stellt die MOF-Werte des Inhalts der verschiedenen Vormagenabschnitte dar. Bei allen Spezies wies der Blättermagen die niedrigsten MOF-Werte auf. Am geringsten war dieser Wert beim Addax, wohingegen er bei den anderen 3 Spezies etwa gleich hoch war. Der Unterschied zwischen dorsalem und ventralem Panseninhalt war lediglich beim Addax deutlich ausgeprägt, während er bei Bison und Rotwild undeutlich war und beim Elch dahingehend abwich, dass ventral ein höherer MOF-Wert gemessen wurde. Im Netzmagen wurden beim Addax höhere Werte als im ventralen Pansen gemessen, bei den anderen Arten geringgradig niedrigere Werte. Mit Ausnahme des Unterschiedes zwischen dem dorsalen Pansen und dem Netzmagen beim Rotwild ergaben sich zwischen Pansen und Netzmagen keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 3).

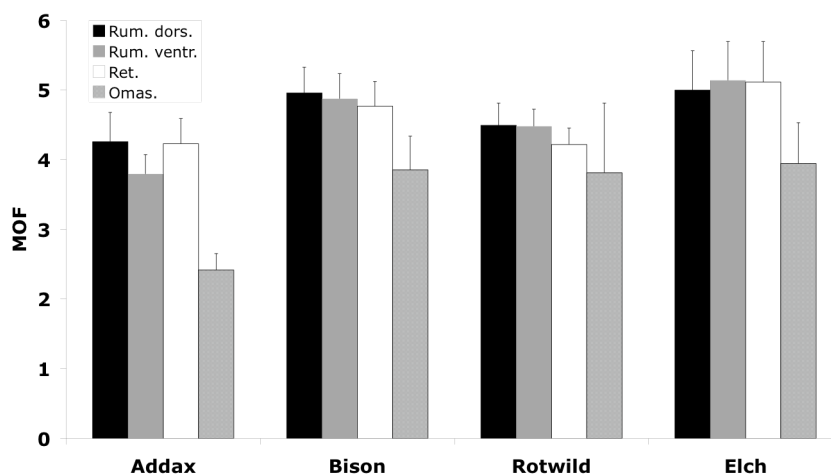


Abbildung 20: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) im Inhalt des dorsalen Pansens, ventralen Pansens, Reticulums sowie Omasums bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

Tabelle 3: Übersicht über die Signifikanzen der ermittelten Unterschiede in der Partikelgrösse (MOF) des Inhalts der verschiedenen Vormagenabschnitte bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

Vergleich	Addax	Bison	Rotwild	Elch
Rum. dors. - Rum. ventr.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Rum. dors. - Ret.	n.s.	n.s.	*	n.s.
Rum. ventr. - Ret.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Omas. - andere Vormagenabschnitte	*	*	n.s.	*

3.4 Pansensaft

Abbildung 21 zeigt die Mittelwerte der Parameter Viskosität, TS-Gehalt und Rohprotein im Pansensaft. Die Einzelwerte befinden sich im Appendix in den Tabellen 27-30. Zum Vergleich wurde der nicht-parametrische Kruskal-Wallis Test mit nicht-parametrischen post hoc Tests angewendet. Elche hatten eine signifikant höhere Viskosität im Pansensaft als die anderen Spezies; allerdings ist die enorme Streuung der Viskositätswerte bei den Elchen im Vergleich zu den anderen drei Arten zu erwähnen (vgl. die hohe Standardabweichung bei den Elchen in Abb. 21 a). Der TS-Gehalt des Pansensaftes war jeweils bei Addax und Bison und bei Rotwild und Elch vergleichbar; zwischen diesen beiden Gruppen war der Unterschied jeweils signifikant (Abb. 21 b). Aufgrund der unterschiedlichen Probenanzahl (für die Protein-Analytik mussten bei den verschiedenen Arten unterschiedliche Mengen von Proben gepoolt werden) wurde der Unterschied im Rohprotein-Gehalt nicht statistisch untersucht; die numerischen Werte zeigten wiederum höhere Gehalte bei Elch und Rotwild als bei Addax und Bison (Abb. 21 c), und wiederum war die Streuung bei den Elchen besonders hoch.

Einzelproben konnten auf eine Korrelation nur bei den Elchen getestet werden. Es ergab sich keine Korrelation zwischen Proteingehalt und Viskosität (Abb. 22 a) oder zwischen dem TS-Gehalt und dem Proteingehalt (Abb. 22 b), aber zwischen TS-Gehalt und Viskosität (Abb. 22 c).

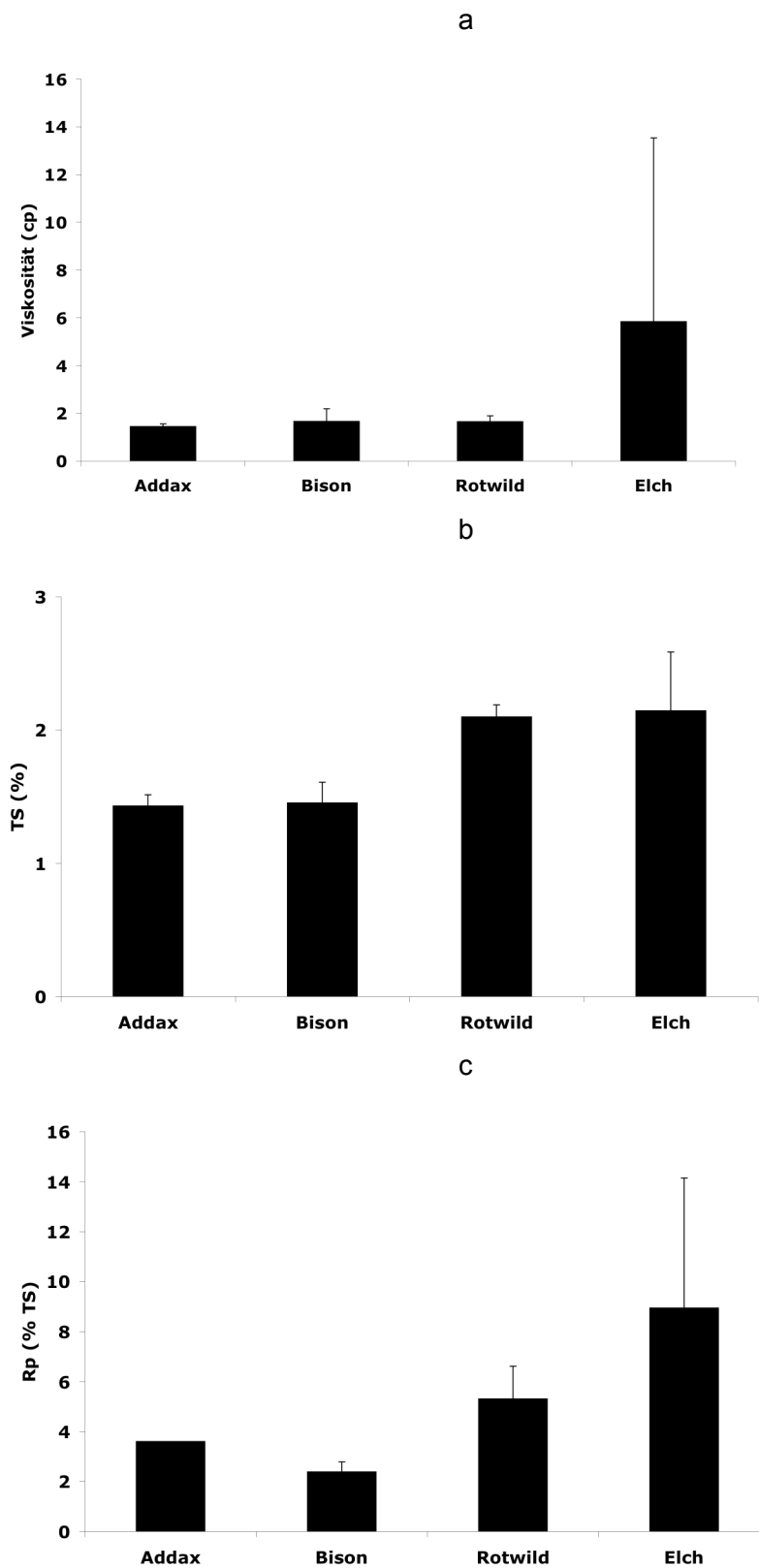


Abbildung 21: (a) Viskosität, (b) Trockensubstanz(TS)- und (c) Rohprotein(Rp)-Gehalt im Pansensaft von freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

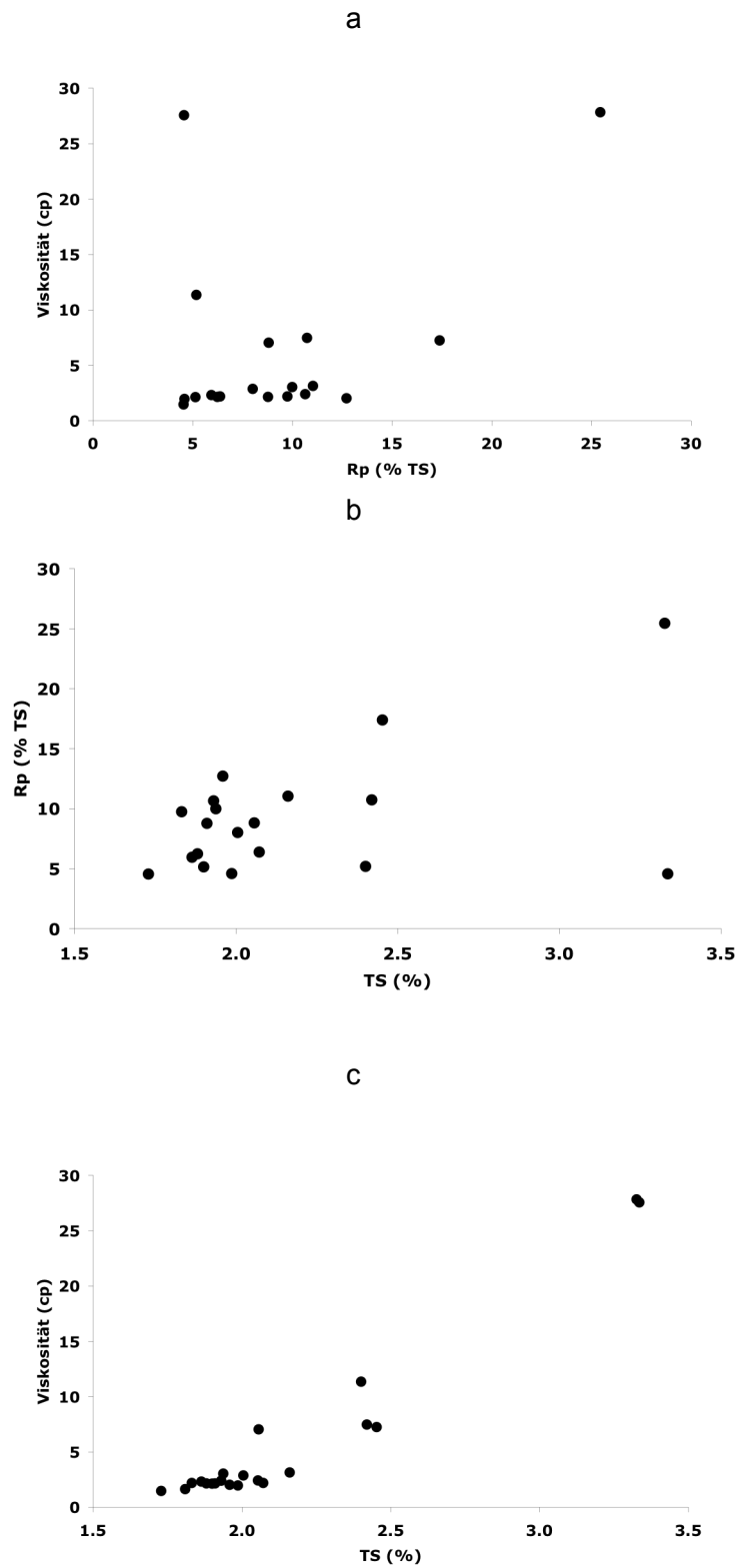


Abbildung 22: Darstellung des Zusammenhangs von (a) Gehalt an Rohprotein (Rp) und Viskosität, (b) Trockensubstanz(TS)- und Rp-Gehalt und (c) TS-Gehalt und Viskosität im Pansensaft von freilebenden Elchen.

3.5 Flotationsversuche

3.5.1 Ganzer Pansen: Unterschiede im flotierenden Partikelanteil

Abbildung 23 beschreibt den Prozentsatz der flotierenden Partikel bei verschiedenen Wildwiederkäuern unabhängig von der Lokalisation in den Vormägen. Der flotierende Anteil war am geringsten beim Addax, gefolgt vom Bison, dem Rotwild und dem Elch, welcher den höchsten Anteil verzeichnete. Signifikant war lediglich der Unterschied zwischen Addax und den anderen Spezies.

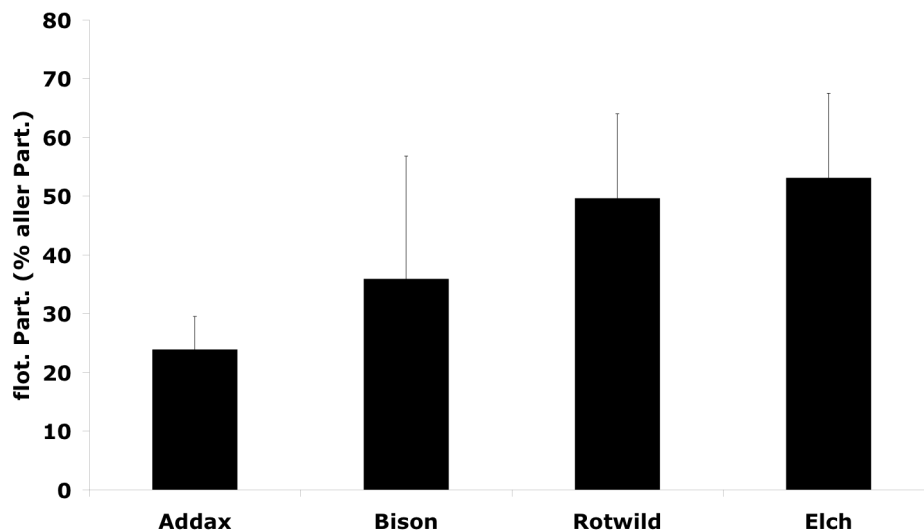


Abbildung 23: Anteil flotierender Partikel an der Gesamtheit aller Partikel im gesamten Panseninhalt bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

3.5.2 Vormagenabschnitte: Unterschiede im flotierenden Partikelanteil

Der Anteil flotierender Partikel an allen Partikeln zeigte hinsichtlich der Vormagenabschnitte zwischen den verschiedenen Arten kein einheitliches Muster (Abb. 24). Bei Bison, Rotwild und Elch war der Anteil flotierender Partikel im ventralen Pansen höher als im dorsalen Pansen, während dies bei den Addax umgekehrt war. Signifikante Unterschiede innerhalb der jeweiligen Arten ergaben sich nur bei Addax, Bison und Elch, bei denen sich jeweils der Blättermagen von den anderen Vormagenabschnitten signifikant unterschied – bei Addax und Elch aufgrund des geringeren, bei Bison aufgrund des höheren Anteils flotierender Partikel.

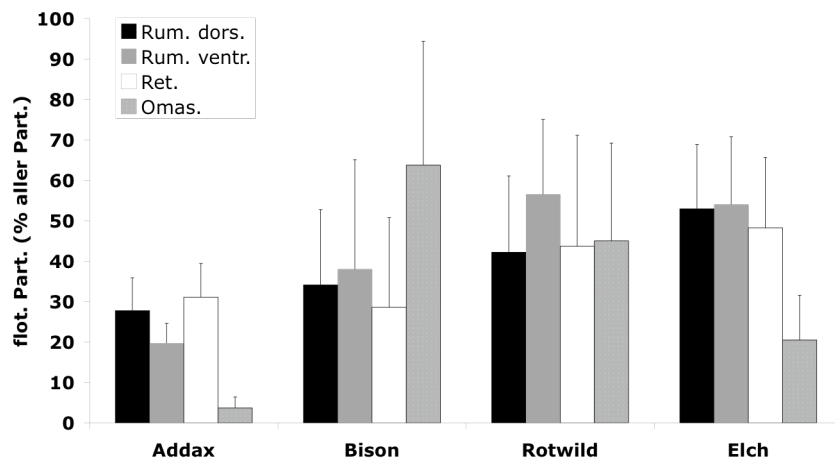


Abbildung 24: Anteil flotierender Partikel an der Gesamtheit aller Partikel im dorsalen Pansen, ventralen Pansen, Reticulum sowie Omasum bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

3.5.3 Ganzer Pansen: Unterschiede in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln

Abbildung 25 zeigt die MOF-Werte für flotierendes und sedimentierendes Material bei verschiedenen Wildwiederkäuern unabhängig von der Lokalisation in den Vormägen. Die MOF-Werte für flotierendes Material waren stets grösser als die für sedimentierendes; der Unterschied war für jede Spezies signifikant. Beim Addax war dieser Unterschied am grössten; diese Tierart wies die höchsten MOF-Werte im flotierenden Material und die niedrigsten im sedimentierenden auf.

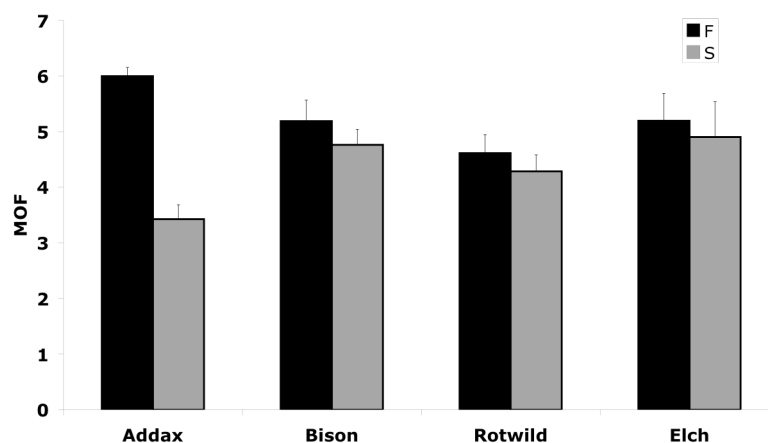


Abbildung 25: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) des flotierenden (F) und sedimentierenden (S) Anteils des gesamten Panseninhalts bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

3.5.4 Vormagenabschnitte: Unterschiede in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln

Die flotierenden und sedimentierenden Partikel-Anteile der verschiedenen Vormagenabschnitte sind hinsichtlich ihrer Partikelgrösse in Abbildung 26 dargestellt. In der Regel war der flotierende Anteil durch höhere MOF-Werte charakterisiert, und dies war auch stets signifikant, mit folgenden Ausnahmen: Im Omasum gab es bei Bison und Rotwild keinen signifikanten Unterschied im MOF zwischen flotierender und sedimentierender Fraktion; beim Elch hatte im Omasum der sedimentierende Anteil signifikant höhere MOF-Werte; ausserdem waren beim Rotwild die Unterschiede im dorsalen und ventralen Pansen nicht signifikant.

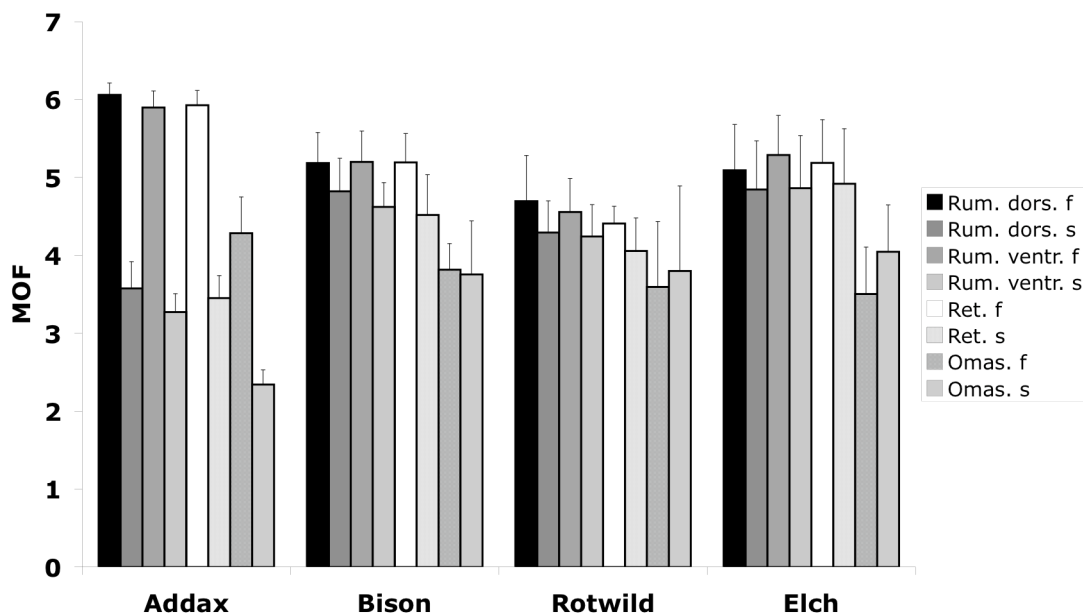


Abbildung 26: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) des flotierenden (F) und sedimentierenden (S) Anteils im Inhalt des dorsalen Pansens, ventralen Pansens, Reticulums sowie Omasums bei freilebenden oder mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern.

Abbildung 27-28 zeigen den prozentualen Anteil flotierender Partikel an allen Partikeln einer Siebgrösse bei den verschiedenen Spezies. Eine Schichtung des Panseninhalts liesse sich mit dieser Darstellungsweise vor allem daran erkennen, dass ein Grossteil der grossen Partikel in der flotierenden und ein Grossteil der kleinen Partikel nicht in der flotierenden (also in der sedimentierenden) Fraktion vorliegen. Dies war eindrücklich bei den Addax, nicht jedoch bei den anderen Spezies.

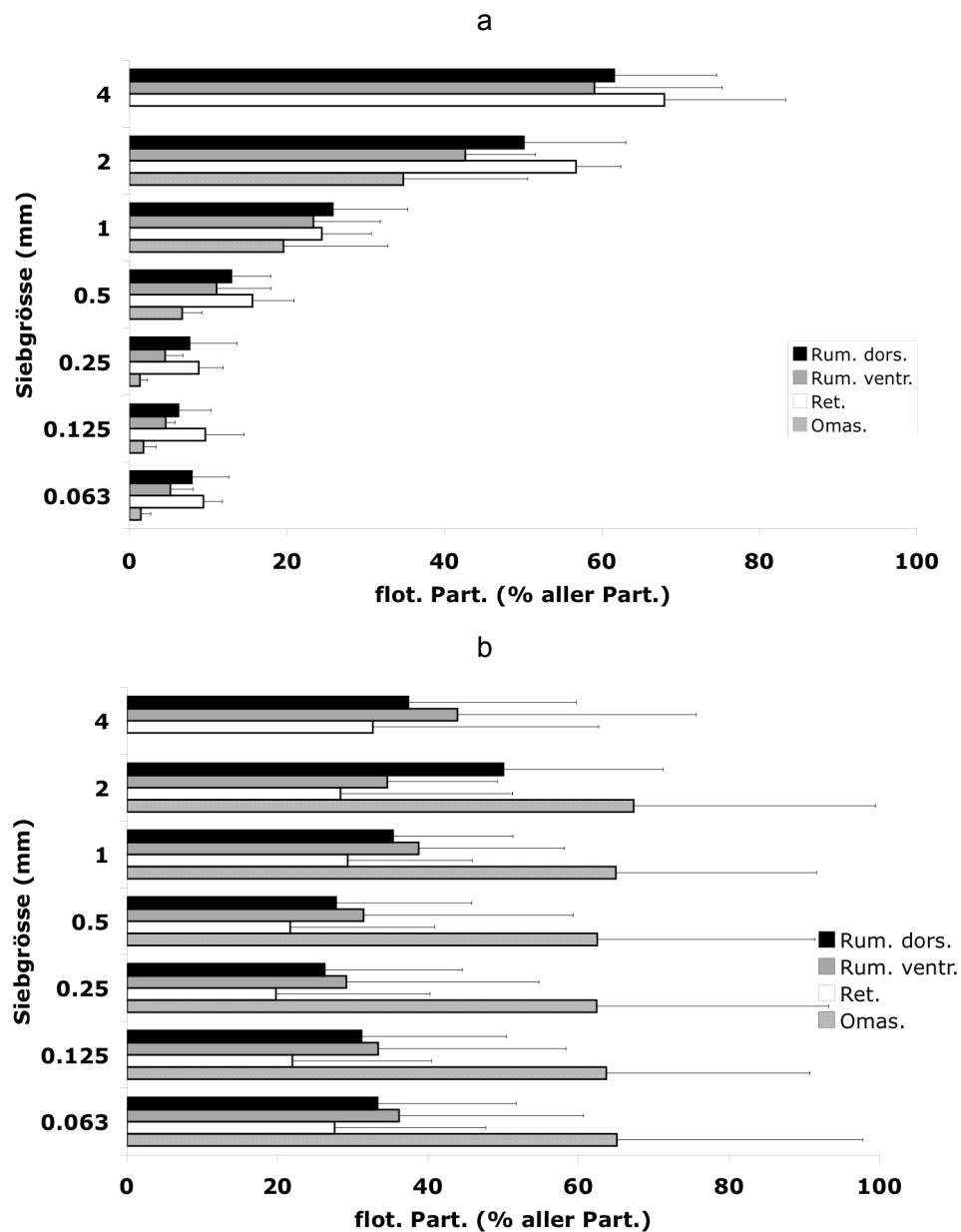


Abbildung 27: Durchschnittlicher prozentualer Anteil der flotierenden Partikel an der Gesamtheit aller Partikel einer Siebgröße im Inhalt des dorsalen Pansens, ventralen Pansens, Reticulums sowie Omasums bei mit einer naturnahen Nahrung gefütterten grossen Wildwiederkäuern (a = Addax, b = Bison).

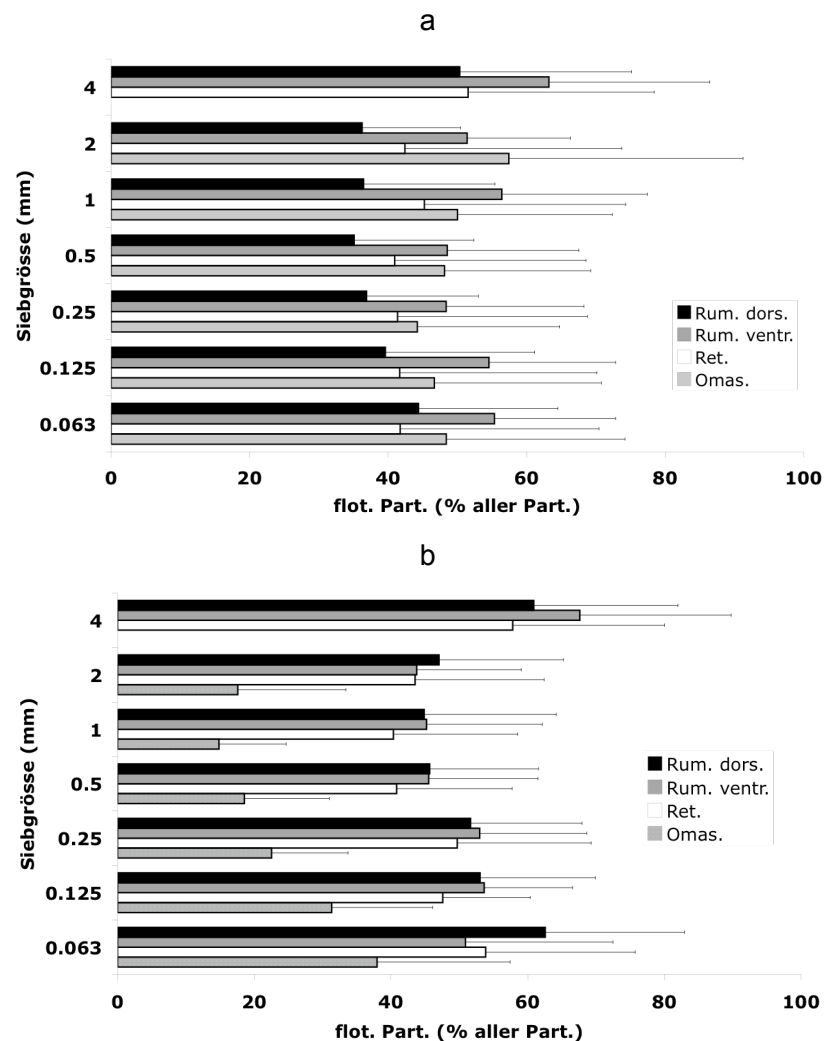


Abbildung 28: Durchschnittlicher prozentualer Anteil der flotierenden Partikel an der Gesamtheit aller Partikel einer Siebgrösse im Inhalt des dorsalen Pansens, ventralen Pansens, Reticulums sowie Omasums bei freilebenden grossen Wildwiederkäuern (a = Rotwild, b = Elch).

4. Untersuchungen an kleinen Wildwiederkäuern (Mufflon, Reh)

4.1 Nicht quantifizierte Beobachtungen

Der Pansen der Mufflons war stets nahezu vollständig mit faserigem Pflanzenmaterial gefüllt, das nicht – wie bei den grossen Wiederkäuern beschrieben – gegen eine flüssigere Phase beweglich war. Das Material machte oft einen trockenen Eindruck; am ventralen Pansenboden war dabei stets mehr dünnflüssige Flüssigkeit auszumachen als im restlichen Pansen. Der abgepresste Pansensaft erschien meist dünnflüssig/wässrig.

Die Pansen der Rehe waren stets mit einem nahezu homogenen, leicht schaumig wirkenden Inhalt gefüllt; im Pansen war keine lokale Ansammlung von Flüssigkeit auszumachen. Der abgepresste Pansensaft erschien meist sämig/dickflüssig.

Auch bei den kleinen Wildwiederkäuern schien der Netzmageninhalt stets flüssiger und der Blättermageninhalt stets trockener als der Inhalt der anderen Vormagenabschnitte.

4.2 Vormageninhalt: Trockensubstanz-Gehalt

Abbildung 29 zeigt den TS-Gehalt des Verdauungsmaterials der Vormägen bei Mufflon und Reh. Auch bei diesen beiden Spezies wies der Blättermagen einen signifikant höheren TS-Gehalt als die anderen Vormagenabschnitte auf. Beim Reh ergab sich keine signifikante Differenz zwischen dem TS-Gehalt von dorsalem Pansen, ventralem Pansen und Netzmagen, während beim Mufflon ein Unterschied beobachtet wurde, der zwischen dorsalem Pansen und Netzmagen auch signifikant war. Die Einzelwerte befinden sich im Appendix in den Tabellen 19 und 20.

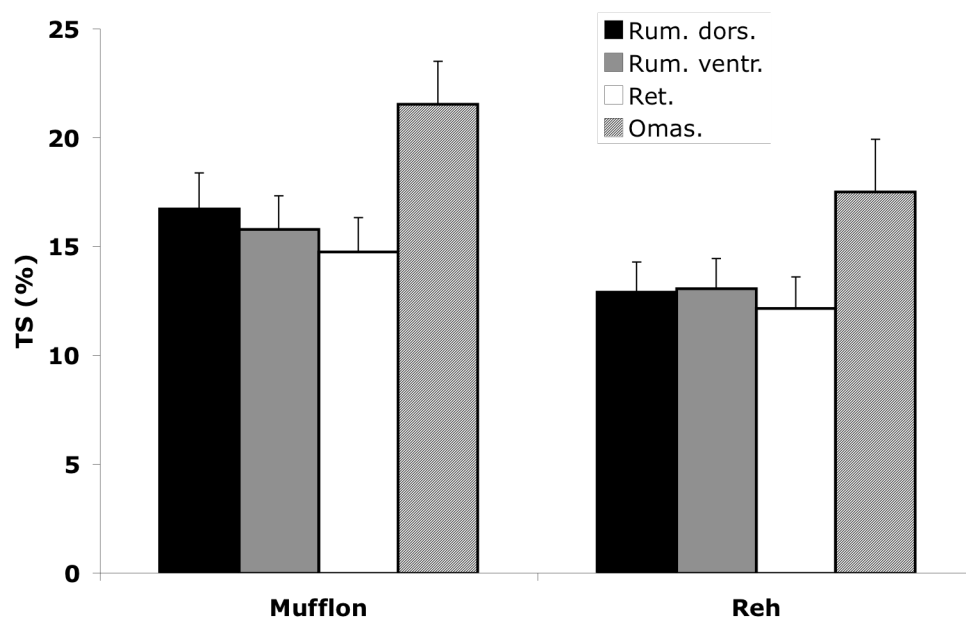


Abbildung 29: Trockensubstanz(TS)-Gehalt des Inhalts von dorsalem Pansen, ventralem Pansen, Reticulum und Omasum bei freilebenden kleinen Wildwiederkäuern.

4.3 Vormageninhalt: Partikelgrössen-Verteilung

Der Panseninhalt von Mufflons wies signifikant grössere Partikel auf als der von Rehen (Abb. 30). Die Einzelwerte sind in Tabellen 25-26 im Appendix.

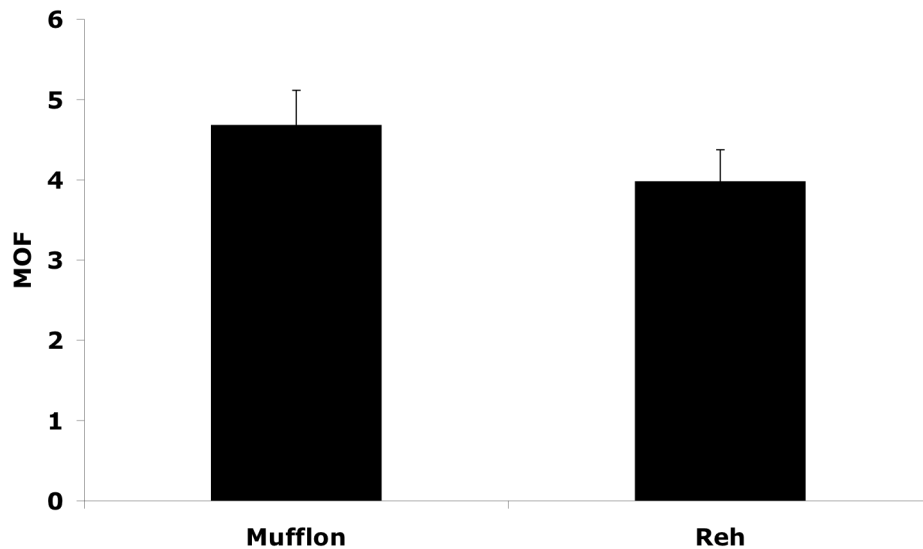


Abbildung 30: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) im gesamten Panseninhalt bei freilebenden kleinen Wildwiederkäuern.

4.4 Pansensaft

Mufflons und Rehe unterschieden sich signifikant in Viskosität (Abb. 31 a) und TS-Gehalt (Abb. 31 b) ihres Pansensaftes. Ein ähnlicher Unterschied (aufgrund der Proben-Poolung nicht statistisch getestet) zeichnete sich deutlich für den Proteingehalt des Pansensaftes ab (Abb. 31 c). Die Einzelwerte befinden sich im Appendix in Tabellen 31-32.

4.5 Flotationsversuche

4.5.1 Ganzer Pansen: Unterschiede im flotierenden Partikelanteil

Abbildung 32 zeigt den Anteil flotierender Partikel im gesamten Pansen. Der Unterschied zwischen den Spezies war signifikant.

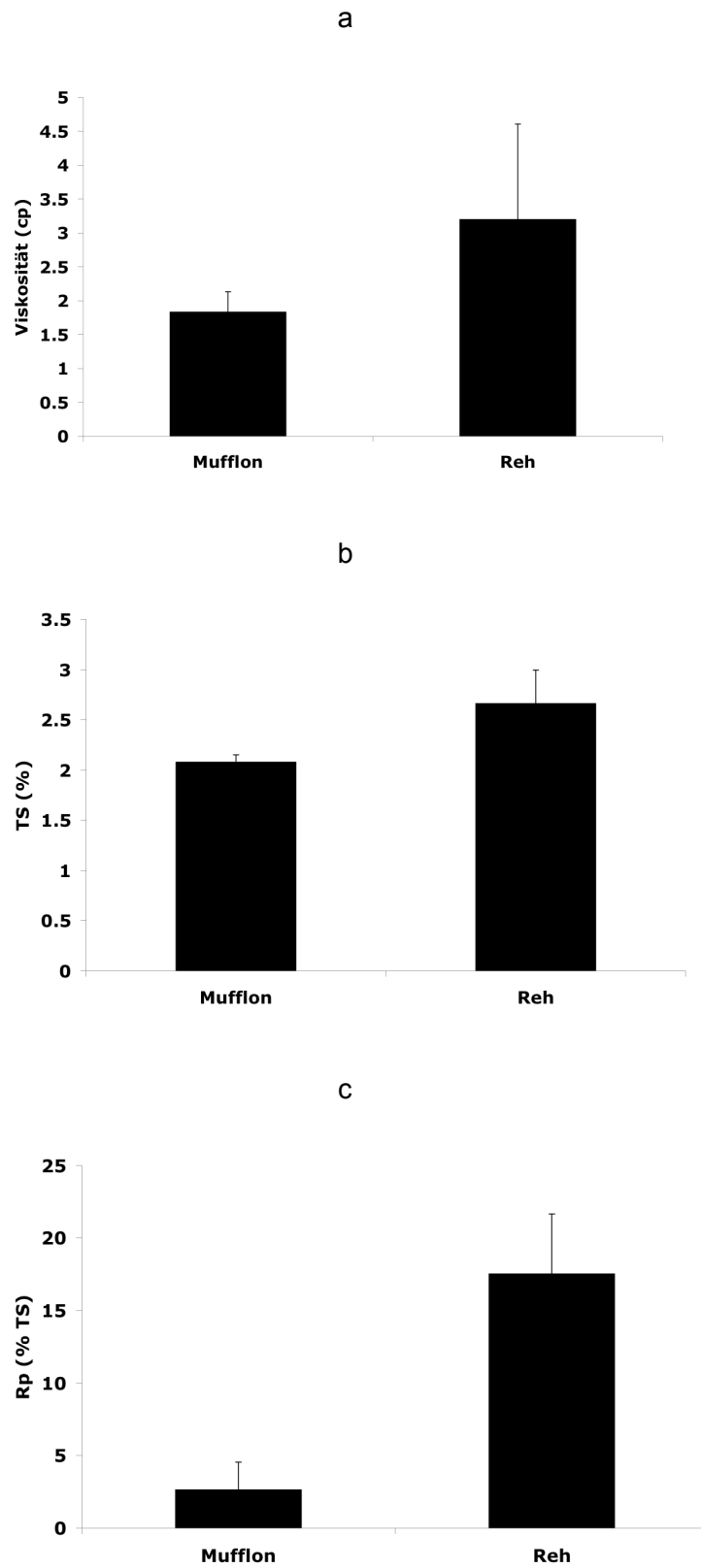


Abbildung 31: (a) Viskosität, (b) Trockensubstanz(TS)- und (c) Rohprotein(Rp)-Gehalt im Pansensaft von kleinen Wildwiederkäuern.

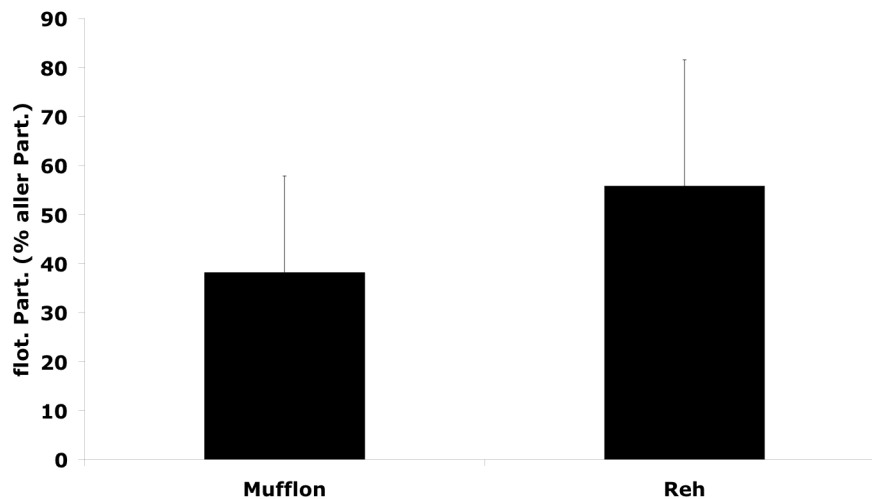


Abbildung 32: Anteil flotierender Partikel an der Gesamtheit aller Partikel im gesamten Panseninhalt bei freilebenden kleinen Wildwiederkäuern.

4.5.2 Ganzer Pansen: Unterschiede in der Grösse von flotierenden und sedimentierenden Partikeln

Abbildung 33 zeigt die Partikelgrösse in der flotierenden und sedimentierenden Fraktion; die flotierenden Partikel sind in beiden Fällen durch signifikant grössere MOF-Werte charakterisiert. Die Einzeldaten befinden sich in Tabellen 25-26 im Appendix.

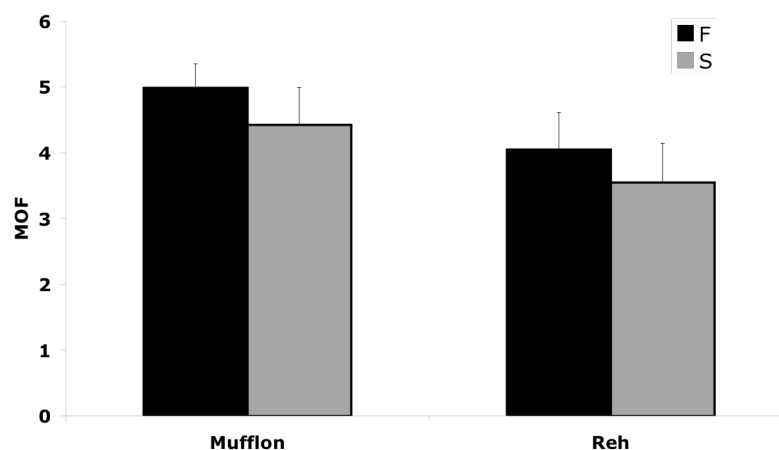


Abbildung 33: Durchschnittliche Partikelgrösse (MOF) des flotierenden (F) und sedimentierenden (S) Anteils des gesamten Panseninhalts bei freilebenden kleinen Wildwiederkäuern.

Abbildung 34 zeigt den prozentualen Anteil flotierender Partikel an allen Partikeln einer Siebgrösse bei den verschiedenen Spezies. Eine Schichtung des Panseninhalts liesse sich mit dieser Darstellungsweise vor allem daran erkennen, dass ein Grossteil der grossen Partikel in der flotierenden und ein Grossteil der kleinen Partikel nicht in der flotierenden

(also in der sedimentierenden) Fraktion vorliegen. Dies war bei beiden Spezies der Fall, erschien beim Reh allerdings ausgeprägter.

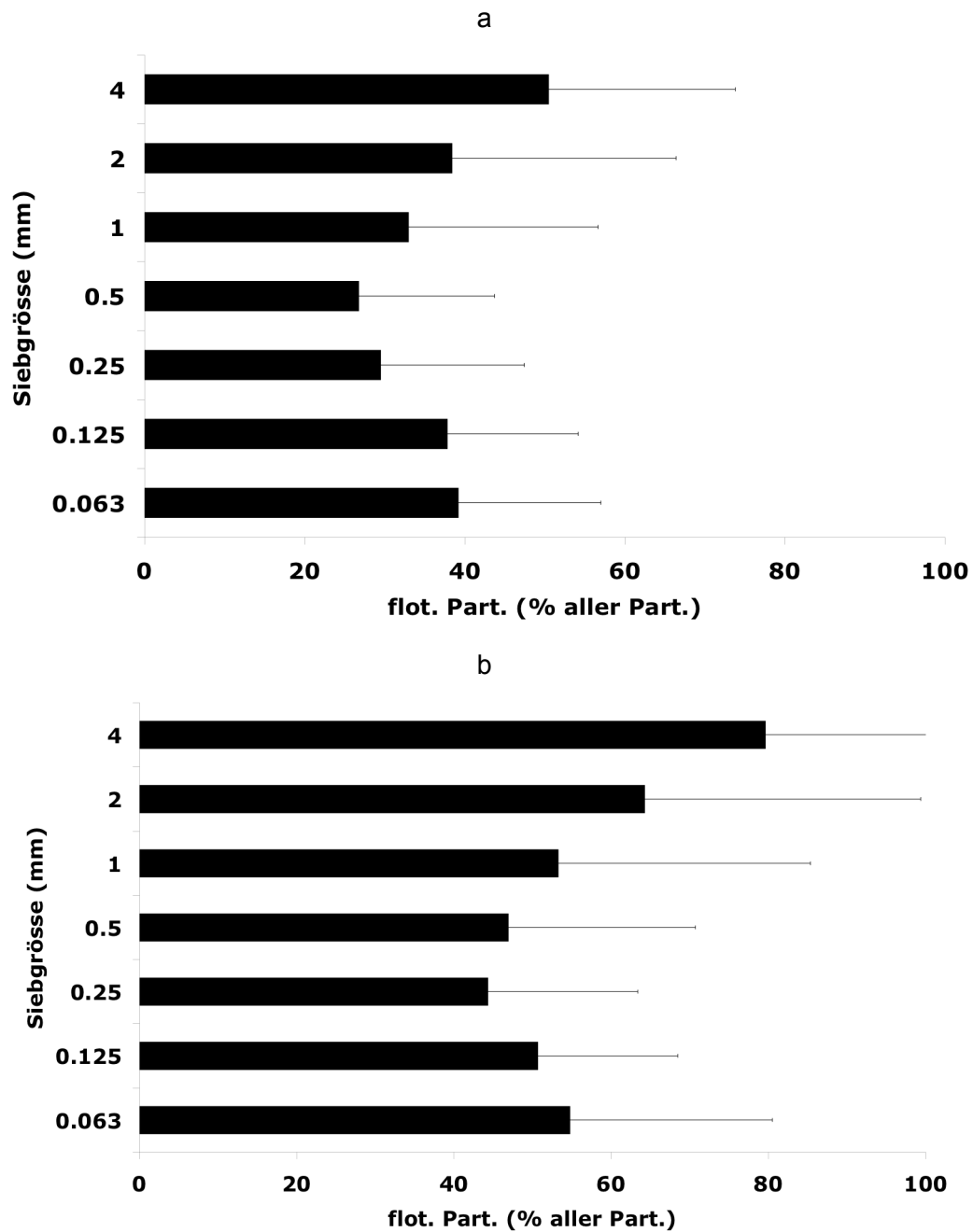


Abbildung 34: Durchschnittlicher prozentualer Anteil der flotierenden Partikel an der Gesamtheit aller Partikel einer Siebgröße im gesamten Panseninhalt bei freilebenden kleinen Wildwiederkäuern (a = Mufflon, b = Reh).

VI. Diskussion

1. Kritik der Methoden

1.1 Probennahme

Als problematisch bei der Entnahmetechnik bei den geschlachteten oder auf der Jagd erlegten Tieren ist sicherlich zu bewerten, dass es beim Niederstürzen der Tiere bei ihrem Tod wohlmöglich zu einer Vermischung der Panseninhalts kommt und eine Probe aus einem bestimmten Abschnitt nicht notwendigerweise repräsentativ für die Verhältnisse in vivo ist.

Dies spielt vor allem eine Rolle bei der Beprobung von Haube, dorsalem und ventralem Pansen. In diesen Arealen ist eine Vermischung des Materials theoretisch möglich, auch wenn durch die intraruminalen Strukturen - die das *Ostium intraruminale* sowie das *Ostium ruminoreticulare* umgebenden Muskelwülste bzw. Pansenpfeiler - eine gewisse Unterteilung der Abschnitte jederzeit gewährleistet ist. Unwahrscheinlich ist eine Kontamination des Verdauungsinhalts des Blättermagens beim Niederstürzen mit Material von anderen Magenabschnitten, da dieses zwischen den einzelnen Blättern gefangen ist und meist von sehr fester Konsistenz ist. Um Fehlerquellen aufgrund einer Durchmischung des Verdauungsinhaltes möglichst gering zu halten, wurden der dorsale und ventrale Pansensack soweit dorsal und soweit ventral wie möglich beprobt, wobei bei der dorsalen Probe das „oben schwimmende“ Material, bei den ventralen Proben das „unten liegende“ Material entnommen wurde. Inwieweit dadurch die Ergebnisse beeinflusst werden, kann im Rahmen dieser Studie nicht beurteilt werden. Es ist allerdings zu bemerken, dass der Unterschied im TS-Gehalt von dorsalem und ventralem Pansen bei Bison und mit Gras gefütterten Ochsen, und bei Addax und mit Grasheu gefütterten Ochsen, im gleichen Größenordnungs-Bereich lag (Tabelle 4). Da dieser Unterschied Ziel der Untersuchung war, kann er zwar nicht als Beweis dafür herangezogen werden, dass die verwendete Methode zuverlässig ist; es zeichnet sich aber doch ab, dass ein Unterschied auch bei den getöteten Tieren gefunden wurde, der demjenigen von lebenden Tieren entspricht.

Bei der Entnahme über die Fistelöffnung ist als positiv zu bewerten, dass die Stelle der Beprobung gezielt gewählt werden kann und auch den Begebenheiten in vivo entspricht. Zudem können bei der Beprobung über die Fistelöffnung ein bestimmter Zeitpunkt nach der Fütterung gewählt und somit unterschiedliche Zeitpunkte nach der Fütterung miteinander verglichen werden. Bei den auf der Jagd erlegten Tieren und den geschlachteten Tieren ist es von Nachteil, dass man keine Information über den Zeitpunkt und den Umfang der letzten Nahrungsaufnahme hat.

Bei den Untersuchungen zum spezifischen Gewicht der Partikel bei den Ochsen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Fütterung zeigte sich, dass sich die Ergebnisse direkt vor der Fütterung und 24 h nach der Fütterung eindeutiger darstellten als zwischen der dritten und der zwölften Stunde (Abb. 11). Von der dritten bis zur zwölften Stunde liegen beispielsweise die Partikelgrößen für sedimentierende und flotierende Graspartikel sehr eng beieinander, wohingegen sie direkt vor der Fütterung und zwischen 12 und 24 h nach der Fütterung stark voneinander abweichen (Abb. 12). Bei freier Nahrungswahl in freier Wildbahn ist es unwahrscheinlich, dass die erlegten Tiere unmittelbar bei einer Mahlzeit getötet wurden, oder dass sie vor der Jagd mehr als 12 h gefastet hatten. Vielmehr ist aufgrund des Äsungsrythmus (siehe z. B. HUMMEL et al. 2006) anzunehmen, dass sich die Tiere eher zwischen 3-6 h nach der letzten Äsung befanden- also genau in dem Bereich, bei dem sich bei den Fistelochsen eine Schichtung besonders *undeutlich* abzeichnete. Ausserdem hatte man bei den Ochsen genaue Informationen über Art, Menge und Zusammensetzung des Futters. Diese Informationen fehlten bei den auf der Jagd erlegten Tieren, da keine botanische Analyse des Panseninhalts vorgenommen wurde. Die Aufbewahrung und Verarbeitung der Proben entsprach der bekannten Vorgehensweise von anderen Wissenschaftlern wie z. B. DARDILLAT und BAUMONT (1992) und ist als korrekt zu beurteilen.

1.2 Analytische Verfahren

1.2.1 Flotationsverfahren

Um nach der Probenentnahme eine flotierende und eine sedimentierende Fraktion pro Entnahmestelle zu erhalten, wurde das Verdauungsmaterial in der in länglichen Plastikbeuteln befindlichen McDougall Lösung zunächst durch Schwenken vermischt und daraufhin 2 min. im Wasserbad belassen, damit sich die Partikel gemäss ihrer Dichte aufteilen. Dieses Verfahren wurde bereits 1988 von SUTHERLAND bei der Untersuchung von Verdauungsmaterial im Pansen und Netzmagen von Schafen mit Erfolg angewandt. Die Zeit, die für die Trennung der Partikel nach ihrem Flotationsverhalten zur Verfügung steht, spielt dabei eine wichtige Rolle. Beispielsweise sinkt ein Teil der flotierenden Partikel bei längerem Belassen im Wasserbad als 2 min. auf den Boden ab und vermischt sich mit dem sedimentierenden Teil (persönliche Beobachtung). Auch das Abknicken des Beutels über den Eisenstab muss schnell erfolgen, damit es nicht zu einer erneuten Durchmischung der flotierten und der sedimentierten Fraktion kommt. Ziel des Verfahrens ist es, den unter anderem durch die an den Partikeln anhaftenden Mikroorganismen und ihren Fermentationsgasen bestehenden Auftrieb durch die Auftrennung der Probe in einen flotierenden und sedimentierenden Teil darzustellen. Dafür ist ein Auskühlen der Probe mit einer entsprechenden Schädigung der Bakterienflora zu vermeiden.

1.2.2 Siebanalytik

Die Siebanalytik wurde mittels Nass-Rüttel-Siebung durchgeführt. Bei dieser Methode läuft Wasser von oben über eine Siebsäule, während maschinell das Rütteln der Siebe erzeugt wird. Diese Variante, die sich bereits 1997 bei KOVÁCS et al. bei Untersuchungen zur Partikelgrösse im Pansen von Stieren bewährt hat, ist der von POPPI et al. (1980) vorzuziehen. Diese Autoren deponierten die Siebe nämlich in einem Wassertank. Besser ist es sicherlich das Wasser von oben über die Säule laufen zu lassen, da die Partikel bei stehendem Wasser sonst nach oben gedrückt werden können und sich mit den Partikeln in dem darüber liegenden Sieb wohlmöglich verfangen. 1988 führte UDÉN eine Siebanalyse durch, bei der die Siebsäule von Hand nach oben und unten bewegt wurde. An diesem Verfahren war von Nachteil, dass das Rütteln von Hand niemals der Genauigkeit und Kontinuität einer Maschine entspricht. Eine ausführliche Diskussion der verschiedenen Aspekte von Nass- und Trockensiebung findet sich bei FRITZ (2007).

1.2.3 Viskositätsbestimmung

Zur Bestimmung der Viskosität wurden Pansensaftproben verwendet, die entweder durch eine Fistelöffnung bei den Ochsen oder durch direkte Entnahme aus dem eröffnetem Pansensack bei den erlegten oder geschlachteten Tieren gewonnen wurden. Das Problem der unterschiedlichen Entnahmetechnik kommt hier weniger zum Tragen als bei der Untersuchung von den TS-Proben und den Proben für die Siebanalyse, da es sich hier um durch ein Tuch gepressten und zentrifugierten Pansensaft handelt, der im gesamten Pansen eine ähnliche Zusammensetzung haben sollte. So stellte HOLLBERG (1984) fest, dass die Viskosität des Pansensafts nicht von der Entnahmetechnik abhängig war. Einerseits entnahm er Pansensaftproben bei Rindern über die Nasenschlundsonde und andererseits gewann er Proben über die Punktion des kaudoventralen Sacks. Er vermutete, dass es beim Schieben der Nasenschlundsonde durch die Reizung von Oesophagus und Kardia zu vermehrtem Speichelfluss käme und die Proben dadurch beeinflusst würden, konnte dies jedoch aufgrund seiner Ergebnisse nicht bestätigen.

DARDILLAT und BAUMONT (1992) geben an, dass eine Aufbewahrung von Pansensaft-Proben in gefrorenem Zustand die Ergebnisse der Viskositätsmessung nicht beeinflussen würden. Zudem ergab eine wiederholte Untersuchung der Elchproben vor Ort (also an frischem Material) und nach einer mehrmonatigen Lagerung bei -20°C keine abweichenden Ergebnisse. Die Lagerung von direkt zentrifugiertem Pansensaft im Gefrierraum bis zur Bestimmung der Viskosität stellt somit keine Fehlerquelle dar.

2. Diskussion der Ergebnisse

In der folgenden Diskussion werden zunächst die Flotations- und Sedimentationseigenschaften des Pflanzenmaterials in den Vormägen der verschiedenen Spezies diskutiert. Anschliessend werden die Parameter spezifisches Gewicht (Verteilung der Partikel aufgrund ihrer Flotationseigenschaft), Partikelgrösse und TS-Gehalt in den verschiedenen Vormagenabschnitten als Mass für die Schichtung des Panseninhalts diskutiert. Zuletzt wird die Viskosität des Pansensafts der Äsungstypen besprochen und die daraus ableitbaren anatomischen Konsequenzen.

2.1 Schichtungseigenschaften des Pflanzenmaterials

Die wichtigste Beobachtung dieser Arbeit ist, dass sich der Panseninhalt jedweder untersuchten Spezies aufgrund seiner Flotationseigenschaften der Grösse nach aufteilt, wenn er in ein dünnflüssiges Medium verbracht wird. Dies bestätigt die Ergebnisse von SUTHERLAND (1988) bei mit Luzerneheu gefütterten Schafen und widerspricht direkt CLAUSS et al. (2001), die beim Vormageninhalt von Rehen keine derartige Aufteilung fanden und dies als eine Eigenschaft der von Rehen aufgenommenen Äsung interpretierten. Bei CLAUSS et al. (2001) war eine ca. 300 ml entsprechende Menge Panseninhalt mit 650 ml Pufferlösung vermischt worden, während in der vorliegenden Arbeit bei prinzipiell gleicher Beutelform 100-200 ml Panseninhalt mit 1000 ml Lösung vermischt wurde. Es wäre daher denkbar, dass bei CLAUSS et al. (2001) der Panseninhalt zu dicht gepackt vorlag, um sich optimal aufgrund seiner Flotationseigenschaften aufzutrennen. Die Tatsache, dass sich Pflanzenmaterial in dieser Hinsicht prinzipiell ähnlich verhält, dürfte die generelle physikalische Grundlage für den Retentions- und Sortiermechanismus im Vormagen von Wiederkäuern – und evtl. auch anderen Herbivoren (vgl. CLAUSS 2004) – darstellen. Hinsichtlich der Unterschiede in der Vormagenphysiologie zwischen verschiedenen Wiederkäuer-Äsungstypen stellen sich somit zwei Fragen:

1. Gibt es Unterschiede im Medium, in dem sich dieses Pflanzenmaterial befindet?
Diese Frage zielt darauf ab, dass sich die Auftrennung gemäss den Flotationseigenschaften zwar prinzipiell darstellen lässt, dass sie aber in Medien unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehaltes (und damit auch unterschiedlicher Viskosität) unterschiedlich zum Ausdruck kommen wird. Auf diese Frage wird im nächsten Kapitel der Diskussion näher eingegangen werden.
2. Gibt es quantitativ bedeutsame Unterschiede in den Flotationseigenschaften, ihrer Korrelation mit der Partikelgrösse, und ihrer Veränderung mit der Zeit zwischen verschiedenen pflanzlichen Ausgangsmaterialien?

Die zweite Frage kann aufgrund der Untersuchungen an den Wildwiederkäuern nicht beantwortet werden, da hier weder die Äsung genau bekannt war noch ein Zeitverlauf dargestellt werden konnte. Die Unterschiede zwischen den drei Rationen bei den Ochsen erscheinen in dieser Hinsicht allerdings aufschlussreich.

Ausgehend von den für Luzerne und Gras dokumentierten Unterschieden in der Fermentationskinetik – die Fermentationsrate ist im Anfangsstadium der Fermentation für Luzerne höher als für Gras (z. B. HUMMEL et al. 2006) - wäre zu erwarten, dass bei Luzernefütterung sich im Panseninhalt schneller eine flotierende Fraktion bildet, während dies bei Grasfütterung später eintreten sollte. Da Luzerne (mit deutlich unterschiedlichen Blatt- und Stengelanteilen) ein inhomogeneres Material darstellt als Gras, ist aber auch zu bedenken, dass sich eine Ausbildung von flotierenden und sedimentierenden Fraktionen bei Gras zeitlich einheitlicher als bei Luzerne gestalten sollte.

Die Ergebnisse für Grasheu und Gras bei den Ochsen zeigen, dass der Anteil flotierender Partikel im gesamten Panseninhalt nach der Fütterung (3 h) deutlich absinkt (Abb. 10), um erst danach anzusteigen. Zu diesem Zeitpunkt befinden sich auch besonders grosse Partikel in der sedimentierenden Fraktion (bei Grasheu sogar grössere als in der flotierenden Fraktion) (Abb. 12). Dies könnte für eine zeitlich verzögert einsetzende Fermentation sprechen. Nach 6 h hat die Fermentation Partikel im dorsalen sowie im ventralen Pansen erfasst, so dass in beiden Bereichen eine nahezu gleich grosse flotierende Fraktion vorliegt (Abb. 11). Dieser Zustand hält bei frischem Gras bis zu 12 h nach Futteraufnahme an. Auch bei Luzerneheu findet sich zwischen 6 und 12 h ein geringfügiger Anstieg des flotierenden Anteils im ventralen Pansen; zu diesem Zeitpunkt dürfte auch hier der langsamer fermentierende Anteil des inhomogenen Materials in Fermentation gehen. Insgesamt deutet der sehr gleichmässige Verlauf des flotierenden Anteils beim Luzerneheu auf ein kontinuierlich ausgewogenes Verhältnis von in Fermentation befindlichen und aus dem Pansen ausgetretenen, verdauten Partikeln hin. Diese Kontinuität spiegelt sich auch in der sich kaum verändernden Partikelgrösse von flotierendem und sedimentierendem Panseninhalt (Abb. 12) wieder, dem nahezu schwankungslosen Verhältnis von Partikelgrössen im flotierenden und sedimentierenden Anteil der einzelnen Vormagenabschnitte (Abb. 13) sowie in der kontinuierlichen Abnahme des flotierenden Anteils an einer Partikelgrösse zu jedem gemessenen Zeitpunkt (Abb. 15).

Frisches Gras und Luzerneheu zeigen einen ähnlichen Gesamtverlauf der Partikelgrösse im Panseninhalt, wenn auch auf unterschiedlichen Niveaus (Abb. 6); numerisch steigt die Partikelgrösse zwischen 3-12 h nach der Fütterung an (was für einen Abfluss von Kleinstpartikeln spricht), um danach abzusinken – insgesamt ist die Veränderung aber gering. Im Gegensatz dazu ist der Verlauf beim Grasheu – obgleich von der gleichen Wiese

stammend wie das frische Gras – deutlich anders: Hier steigt die Partikelgrösse im Laufe der Fütterung stark an, um danach kontinuierlich zu sinken. Dies spricht dafür, dass beim Grasheu der Effekt der Zerkleinerung durch Wiederkauen vor dem Effekt des Ausflusses von Kleinstpartikeln überwiegt.

Befunde aus der Literatur lassen sich nur unter Vorbehalt mit diesen Ergebnissen vergleichen, weil sie zumeist in vitro mit vermahlenem Material erstellt wurden. So fanden NOCEK und KOHN (1987) eine generelle Zunahme der funktionellen Dichte bzw. des spezifischen Gewichtes bei Gras- und Luzerneheu mit zunehmender Inkubation in situ, was der Abnahme des flotierenden Anteils auf diesen Futterarten entspricht (Abb. 10). Ebenso wie BAILONI et al. (1998) und tendenziell auch HOOPER und WELCH (1985) zeigten NOCEK und KOHN (1987) dabei, dass die Änderung des spezifischen Gewichtes von Grasheu grösser ist, also eine grössere Bandbreite umfasst, als die von Luzerneheu. Im Gegensatz zu diesen Autoren fanden WATTIAUX et al. (1992a) allerdings eine grössere Veränderung des spezifischen Gewichtes im Laufe der Fermentation bei Luzerne- als bei Grasheu.

BAILONI et al. (1998) fanden, dass fermentierte Luzernepartikel schneller sedimentieren als fermentierte Grasheupartikel. Diese raschere Sedimentation könnte die Ursache dafür sein, dass sich das Erscheinungsbild der Schichtung auch hinsichtlich Sedimentationsverhalten und Grössenverteilung bei Luzerneheu einheitlicher darstellt als bei den anderen Futterarten, weil eine Entfernung abverdauter Partikel aus dem Vormagen zuverlässiger erfolgt.

NOCEK und KOHN (1987) beschrieben eine besonders rasche Zunahme des spezifischen Gewichtes von Grasheu zu Beginn der Inkubation im Pansen. Es stellt sich die Frage, ob es sich hier um einen Effekt der Hydratation handelt, und ob erst danach Effekte der Fermentation selbst zum tragen kommen. Diese Interpretation würde den bei Grasheu zunächst hohen Anteil an sedimentierendem Material, inklusive der grossen, ventral zu findenden Partikel erklären, bevor aufgrund der Fermentation eine Auftrennung der Partikel nach den Flotationseigenschaften auftritt.

Unsere Beobachtungen bezüglich des flotierenden Anteils von Gras im Vergleich zu Grasheu zeigen, dass zwischen 3 und 6 h nach der Fütterung der sedimentierende Anteil von Gras höher ist als der von Grasheu (Abb. 10). Dies fanden auch STETTER NEEL et al. (1995) heraus. Im Vergleich von mit Wasser versetztem Heu und regulärem Heu beobachteten die Autoren, dass erstere ein höheres funktionelles spezifisches Gewicht besaßen als letztere. Auch WATTIAUX et al. (1992 b) fanden bei Untersuchungen zum

funktionellen spezifischen Gewicht von Grasheu, Luzerneheu und Luzernesilage heraus, dass die Werte für das funktionelle spezifische Gewicht für Silage stets über denen von Luzerneheu lagen, was nicht verwunderlich ist, da der höhere Feuchtigkeitsgehalt der Silage in Verbindung steht mit einem niedrigeren Gasvolumen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass das funktionelle spezifische Gewicht im Laufe der Verdauung zwar zunimmt, verschiedene Ergebnisse der Literatur mit unseren Ergebnissen übereinstimmen, es aber auch Autoren gibt, die vermeintlich Gegenteiliges herausgefunden haben und uns dadurch widersprechen. Eine systematische Untersuchung der Vorgänge bei der Partikelfermentation von verschiedenen Futtermitteln, die sich auf Beobachtungen in vivo übertragen lässt, steht noch aus.

2.2 Untersuchungen zur Pansenschichtung

2.2.1 Beobachtungen zur Fasermatte

Eine wesentliche, subjektive Beobachtung bei dieser Studie war, dass der Pansen aller untersuchten Tiere – bei den Ochsen auch unabhängig vom Untersuchungszeitpunkt – viel stärker mit Pflanzenmaterial gefüllt war, als dies aufgrund der bildlichen Darstellung des Panseninhalts (Abb. 2 und 3) zu vermuten gewesen wäre. Die „Fasermatte“ machte in keinem der Fälle einen kleinen, auf den unteren Teil des dorsalen Pansensackes beschränkten Anteil am Panseninhalt aus, sondern erstreckte sich über dorsalen wie ventralen Pansensack (s. V.1.1, V.3.1, V.4.1). Die Schicht des „Pansensees“ war bei den Ochsen nur wenige cm über dem ventralen Pansenboden zu fühlen, während sie bei den Wildwiederkäuern – wenn überhaupt – als etwas feuchterer Inhalt wahrnehmbar war. Diese Diskrepanz zwischen den bildlichen Darstellungen der Schichtung des Panseninhalts und der Realität macht die gelegentlich vernommenen Bemerkungen von Jägern, Metzgern und Wildbiologen verständlich, die angeben, noch nie eine Schichtung in einem eröffneten Pansen beobachtet zu haben.

Diese Diskrepanz wird auch in zwei Studien jüngerer Datums erwähnt: AHVENJÄRVI et al. (2001) berichten davon, dass bei fistulierten Rindern die „Fasermatte“ sowohl den dorsalen als auch den ventralen Pansensack ausfüllte („a solid mat filled both the dorsal and ventral ruminal sacs with an underlying liquid pool“); ebenso fanden KOVÁCS et al. (1997) bei fistulierten Rindern, dass bei einer hohen Futteraufnahme die Fasermatte bis zu 90% (Gewichtsbasis) des gesamten Panseninhalts ausmachte. Die bildliche Darstellung der Schichtung des Panseninhalts sollte demnach hinsichtlich der Ausdehnung der Fasermatte korrigiert werden (Abb. 35).

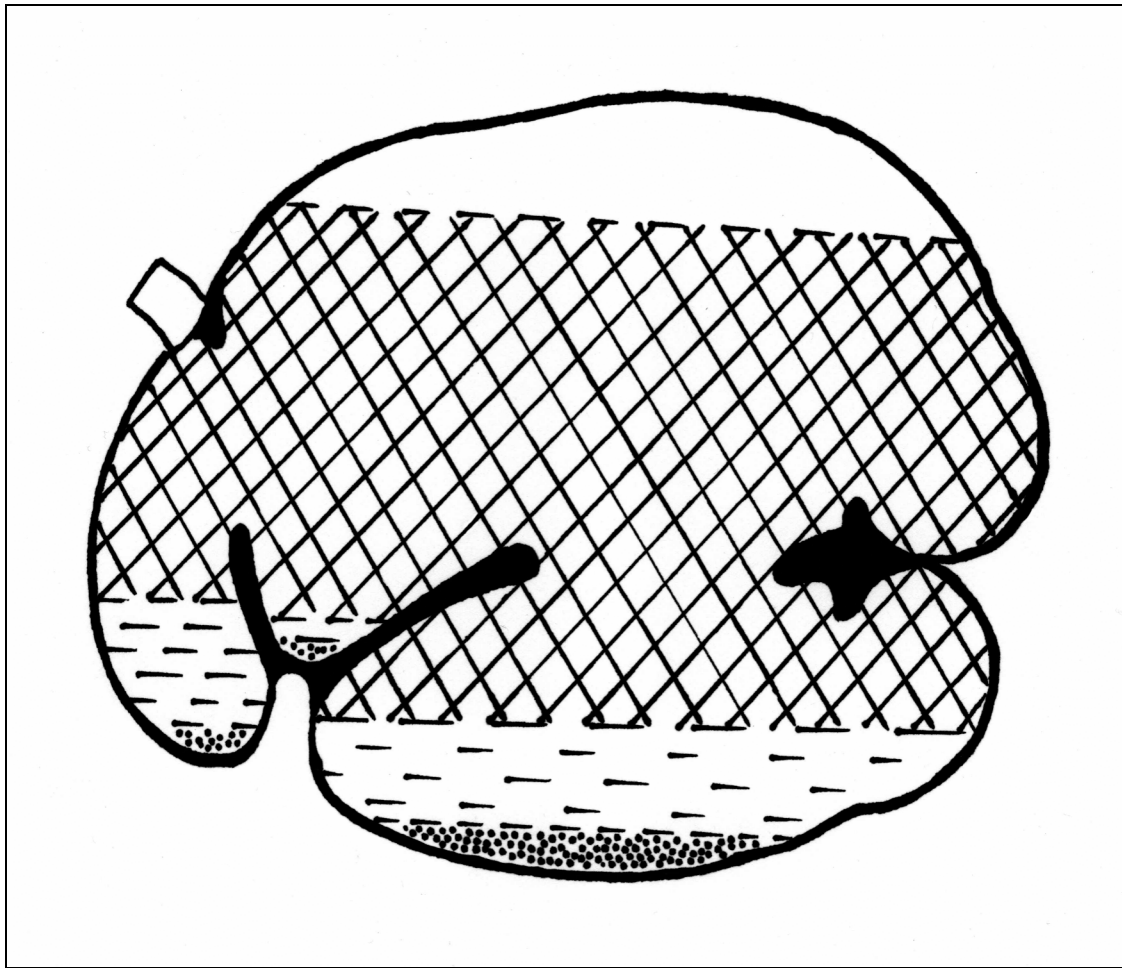


Abbildung 35: An das von HOFMANN (1973, Abb. 3) präsentierte Schema zur Schichtung des Panseninhalts angelehnte Darstellung, die die weite Ausdehnung der Fasermatte in vivo nach ventral berücksichtigt.

2.2.2 Untersuchungen zur funktionellen Dichte

Ein wesentliches Merkmal der Schichtung des Panseninhaltes sollte theoretisch sein, dass sich im dorsalen Pansen vor allem flotierende, im ventralen Pansen vor allem sedimentierende Partikel befinden. Bei den Ochsen ist der Anteil an flotierenden Partikeln bei der Fütterung der drei Rationen dorsal stets höher als der Anteil an flotierenden Partikeln im ventralen Pansen, mit Ausnahme zur Stunde 6 bei Gras- und Grasheufütterung und mit Ausnahme zur Stunde 12 bei der Grasfütterung (Abb.11). Im Umkehrschluss ist der Anteil an sedimentierenden Partikeln ventral höher als dorsal. Die Resultate von STETTER NEEL et al. (1995) können dieses Ergebnis bestätigen. Sie verglichen das funktionelle spezifische Gewicht zwischen dorsalem und ventralem Pansen. Sie fanden einen grösseren Anteil an schweren Partikeln ventral (57,81% der ruminalen TS) als dorsal (54,26% der ruminalen TS). Der grösste flotierende Anteil im dorsalen Pansensack ist bei Grasheufütterung zur Stunde 0 und 12 und bei Grasfütterung zur Stunde 0 und 24 sichtbar. Dies bedeutet, dass der flotierende Anteil bei diesen beiden Rationen dorsal bei grösserem Zeitabstand zur Fütterung höher ist als direkt nach der Fütterung. Andererseits dürfte dies im Umkehrschluss bedeuten,

dass sich bei einem kürzeren Abstand zur Fütterung und bei sich überlagernden Effekten von verschiedenen Futteraufnahme-Perioden ein weniger einheitliches Bild zeigen sollte.

Abbildung 24 zeigt den Anteil an flotierenden Partikeln an der Gesamtheit aller Partikel in den Vormagenabschnitten der grossen Wildwiederkäuer. Nur beim Addax befindet sich dorsal ein grösserer Anteil an flotierenden Partikeln als ventral. Wie bei den Ochsen zu sehen, ist der Unterschied zwischen dorsalem und ventralem Panseninhalt hinsichtlich der funktionellen Dichte bei Grasheu am ausgeprägtesten, was diese Sonderstellung der Addax erklären könnte. Bei den anderen grossen Wildwiederkäuern war der Anteil flotierender Partikel im ventralen Panseninhalt entweder gleich hoch oder höher als im dorsalen Panseninhalt. Dies dürfte vor allem eine Funktion des Fermentationsverlaufs des aufgenommenen Futters darstellen, das zum Zeitpunkt der Beprobung offenbar weitgehend noch aktiv fermentiert wurde. Da man davon ausgehen kann, dass Wildtiere die Frequenz der Nahrungsaufnahme so einstellen, dass im Vormagen stets frisches Material für die Fermentation zur Verfügung steht (z. B. HUMMEL et al. 2006), ist dieser Befund nicht verwunderlich; er unterstreicht jedoch, dass die funktionelle Dichte des Inhalts kein geeigneter Parameter ist, um die Schichtung des Panseninhalts bei Wildtieren vergleichend darzustellen.

Interessant ist, dass sich die Laubäser (Elch, Reh) tendenziell durch einen höheren Gesamtanteil an flotierenden Partikeln im Panseninhalt auszeichnen (Abb. 23 und 32). Geht man bei diesem Äsungstyp von einer rascheren Fermentation des aufgenommenen Futters und einer höheren Äsungsfrequenz aus, so könnte man annehmen, dass sich bei ihnen ein höherer Anteil des Inhaltes in Fermentation befindet und somit flotiert. Wäre dies wirklich der Fall, so wäre ebenfalls zu vermuten, dass bei Laubäsern eine höhere Konzentration an flüchtigen Fettsäuren im Pansen sowie ein niedrigerer pH im Panseninhalt zu messen sein müsste. Entsprechende Untersuchungen wurden in der vorliegenden Studie nicht durchgeführt und sind in der Literatur rar. Allerdings fanden CLEMENS und MALOIY (1983) im Pansen von laubfressenden afrikanischen Wiederkäuern signifikant höhere Gehalte an flüchtigen Fettsäuren im Vergleich zu Grasäsern, und JONES et al. (2001) berichteten von niedrigeren pH-Werten im Pansensaft von Laubäsern als in dem von Grasäsern. Systematische Studien zu diesem Phänomen, die die Saisonalität und Wiederkäuer aus verschiedenen phylogenetischen Gruppen berücksichtigen, stehen allerdings noch aus.

2.2.3 Untersuchungen zur Partikelgrösse

Ein Parameter, um eine Schichtung des Panseninhalts zu demonstrieren, sollten Unterschiede in der durchschnittlichen Partikelgrösse zwischen den verschiedenen Vormagenabschnitten sein.

Betrachtet man die Partikelverteilung der unterschiedlichen Rationen in den verschiedenen Vormagenabschnitten der Ochsen, so sieht man, dass (mit Ausnahme zur Stunde 3 im ventralen Pansen und Reticulum und zur Stunde 6 im ventralen Pansen bei der Fütterung von Grasheu) die Partikel im dorsalen Pansen bei allen drei Rationen zu jedem Zeitpunkt grösser sind als die des ventralen Pansens und des Netzmagens (Abb. 8). Auch EVANS et al. (1973) fanden bei einmal täglich gefütterten Rindern am meisten grobe Partikel im dorsalen Bereich verglichen mit dem ventralen Pansensack und dem Reticulum; allerdings weicht der bei diesen Autoren dokumentierte zeitliche Verlauf der Partikelgrössen-Verteilung von den Ergebnissen der vorliegenden Studie ab: Bei ihnen trat der höchste Anteil an grossen Partikeln unmittelbar nach der Fütterung (Grasheu) auf – im Gegensatz zu dem in Abbildung 8 dokumentierten Maximum 12 h nach der Grasheu-Fütterung in der vorliegenden Studie. KENNEDY (1995) führte Untersuchungen zur Partikelgrösse in den verschiedenen Vormagenabschnitten von Wasserbüffeln und Rindern durch. Er fand heraus, dass der dorsale Sack einen höheren Anteil an grossen Partikeln enthält als der ventrale Sack und dieser wiederum einen höheren Anteil als der Netzmagen. Auch in der Studie von SUTHERLAND (1988) traten 0, 3, 6 und 12 h nach der Fütterung dorsal ein grösserer Anteil an 1-4 mm grossen Partikeln auf als ventral.

Die Ergebnisse bei den untersuchten Wildwiederkäuern zeigen kein deutliches Bild. Zwar wurde bei den Grasäsern Addax und Bison dorsal ein numerisch höherer MOF gemessen als ventral, doch war der Unterschied nicht signifikant und auch nur gering ausgeprägt (Abb. 20). Die Ergebnisse direkt nach der Fütterung mit Grasheu (Abb. 8) bei den fistulierten Ochsen deuten darauf hin, dass Unterschiede in der Partikelgrösse zwischen dorsalem und ventralen Pansen gering seien und – je nach Distanz nicht nur zur letzten, sondern auch zu den davorigen Futteraufnahmen – keine Indikatoren für eine Schichtung des Inhalts sein könnten. Effekte einer „Sortierung“ der Partikel gemäss ihrer funktionellen Dichte (und damit indirekt ihrer Grösse) von frisch aufgenommenem und zu verschiedenen Zeitpunkten zuvor aufgenommenem Material könnten sich so überlagern, dass kein einheitliches Verteilungsmuster der Partikelgrössen bei einer natürlichen, nicht beeinflussten Futteraufnahme-Frequenz entsteht. Es sei hier wiederum darauf hingewiesen, dass SUTHERLAND (1988) seine wegweisenden Untersuchungen interessanterweise mit Luzernehäckseln durchführte – dasjenige Futtermittel, das auch bei den Ochsen zu jedem Zeitpunkt eine deutliche Trennung von groben und feinen Partikeln in dorsalem und ventralen Pansen aufwies (Abb. 13) und zu jedem Zeitpunkt an jeder Lokalisation eine nach Partikelgrössen aufgetrennte Schichtung im Flotationsexperiment ergab (Abb. 15).

2.2.4 Untersuchungen zum TS-Gehalt

Der über drei Fütterungsperioden gemittelte TS-Gehalt des Inhalts der jeweiligen Vormagenabschnitte der Ochsen ergab zu jedem Zeitpunkt vor und nach der Fütterung die höchsten Werte für den dorsalen Pansen (Abb. 7). Direkt nach der Fütterung (3 h) waren die Werte im Gegensatz zu den Werten direkt vor der Fütterung enorm angestiegen und blieben daraufhin bis zur zwölften Stunde auf einem ähnlichen Niveau. Ab letzterem Zeitpunkt kam es zu einer kontinuierlichen Abnahme, was für eine generelle Abnahme der Menge des Panseninhaltes, und für eine daher homogenere Durchmischung der dorsalen Fasermatte mit Pansenflüssigkeit spricht. Diese Vermutung wird durch die Arbeit von FROETSCHEL und AMOS (1991) bestätigt. Bei einer einzigen täglichen Fütterung nahm in ihrer Studie der TS-Gehalt im gesamten Pansen (die Autoren unterschieden nicht nach Vormagenabschnitten) kontinuierlich nach der Fütterung ab, während er bei 12 Futtergaben pro Tag konstant blieb. Der Anstieg des TS-Gehalts im ventralen Pansen und im Netzmagen, der in der vorliegenden Studie mit Abstand von der Futteraufnahme beobachtet wurde (Abb. 5), spricht dafür, dass vermehrt partikuläres Material verdaut wurde und damit in diese ventralen Bereiche absinken konnte. Die in der vorliegenden Studie gemachten Beobachtungen zum zeitlichen Verlauf des TS-Gehalts in den verschiedenen Vormagenabschnitten decken sich prinzipiell mit den von EVANS et al. (1973) bei ebenfalls einmal täglich gefütterten Rindern. Auch KENNEDY (1995) machte bei seinen Untersuchungen an Rindern und Wasserbüffeln die Beobachtung, dass es im dorsalen Pansen trockener ist als im ventralen Pansen. JOHNSTON et al. (1961) und BECKER et al. (1963) stellten bei Kälbern bzw. Rindern einen höheren TS-Gehalt im dorsalen Pansen als im Reticulum fest und stimmen mit ihren Ergebnissen in dieser Hinsicht mit unseren Resultaten überein (Abb. 5 und Abb. 7). Ebenso fanden KOVÁCS et al. (1997) bei der Untersuchung des Inhalts des dorsalen und ventralen Pansens bei Stieren 3 und 7,5 h nach unterschiedlich hoher Futteraufnahme stets einen deutlich höheren TS-Gehalt im dorsalen Pansen als im ventralen Pansen. TAJAJ et al. (2001) fanden, dass die oberste Schicht des Panseninhalts die höchsten Variationskoeffizienten für das Partikel/Flüssigkeitsverhältnis aufwies, was sie als Hinweis dafür interpretierten, dass diese Schicht eine besonders heterogene Zusammensetzung aufweist. Die von diesen wie von anderen Autoren gefundenen Unterschiede im TS-Gehalt in den verschiedenen Vormagenabschnitten sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Die Größenordnung der in der Literatur beschriebenen Unterschiede deckt sich mit den in dieser Studie gefundenen.

Interessant erscheint die in der vorliegenden Studie gemachte Beobachtung, dass sich bei einer Luzerneheu-Fütterung der Panseninhalt – unabhängig vom Beprobungsort – als trockener erwies als bei Gras- oder Grasheu-Fütterung. Während im Vergleich zu Gras der Unterschied durch den Wassergehalt im Futtermaterial erklärt werden kann, ist der Vergleich

zu Grasheu bemerkenswert. Ein wesentlicher Grund für diesen Unterschied könnte in der unterschiedlichen Kau-Intensität liegen. WAGHORN et al. (1989) fanden, dass Luzerne von Rindern effektiver zerkleinert wird als Grasheu; dies dürfte bedeuten, dass der Kau-Aufwand – und damit verbunden auch der Speichelfluss – bei Grasheu höher ist, was den höheren Feuchtigkeitsgehalt des Vormageninhalts bei Grasheu erklären könnte.

Bezüglich der Wildwiederkäuer spiegelt der TS-Gehalt des Inhalts der einzelnen Vormagenabschnitte die Hypothese wieder, dass sich bei Laubäsern keine Schichtung des Panseninhalts ausbildet, bei Grasäsern jedoch sehr wohl (Abb. 18 und 29). Die Ergebnisse beim Reh erinnern an die Bemerkung von HOFMANN (1969) hinsichtlich einer „umgekehrten“ Pansenschichtung bei Laubäsern.

Dieser Unterschied fällt beim Rotwild und Mufflon bereits geringer aus und ist beim Elch kaum mehr sichtbar (Abb. 18 und 29). Beim Reh ist es dorsal bereits feuchter als ventral (Abb. 29). Infolgedessen lassen sich das Addax und der Bison gut mit den Ochsen vergleichen. Allerdings ist bei letzteren beiden Spezies der TS-Gehalt im Netzmagen höher als im ventralen Pansen (Abb. 18). Bei allen Spezies ist es im Blättermagen am trockensten (Abb. 17, 18, 29). Da dieser Vormagenabschnitt einen Grossteil der Wasserrückresorption bewältigt (CLAUSS et al. 2006b) ist dies nicht verwunderlich.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass es zwar auch zu einer Art Schichtung des Verdauungsmaterials beim Laubfresser Elch und dem Intermediärtyp Rotwild zu kommen scheint, diese aber bei weitem nicht so ausgeprägt ist wie bei den Grasfressern. Beim kleinen Laubfresser Reh dreht sich die Schichtung im Pansen um. Besonders eindrücklich ist, dass Grasfresser mit einer Umkehr der Verhältnisse im Pansen bei ungeeigneter Fütterung reagieren. Der TS-Gehalt im ventralen Pansen und im Netzmagen der mit Kraftfutter gefütterten Addax ist höher als der im dorsalen Pansen – vermutlich aufgrund eines völligen Fehlens einer dorsalen Fasermatte.

Der Parameter TS-Gehalt eignet sich somit, um einen Unterschied zwischen den Äsungstypen darzustellen. „Schichtung“ des Vormageninhalts bedeutet in dieser Beziehung vor allem ein Feuchtigkeitsgradient, der dadurch zustande kommt, dass mehr Flüssigkeit in den Pansen eingebracht wird, als die aufgenommene Nahrung homogen an sich zu binden vermag. Es könnte damit entweder ein Unterschied in der Wasserbindungskapazität der aufgenommenen Äsung vorliegen – so ist zum Beispiel denkbar, dass bestimmte, die Viskosität erhöhende Inhaltsstoffe der Futtermittel zugleich Wasser in Form von Gel binden - oder es könnte ein Unterschied in der Wasseraufnahme oder der Speichelproduktion vorliegen, wie von CLAUSS et al. (2006a) für grosse Grasäser postuliert.

Tabelle 4: Angaben zum Trockensubstanzgehalt (%) des Inhalts des gesamten Pansens oder von unterschiedlichen Vormagenabschnitten aus der Literatur im Vergleich zu den in dieser Studie erhobenen Daten.

Tier	Rum. dors.	Rum. ventr.	Pansen ges.	Ret.	Quelle
Kalb			15.7	10.7	JOHNSTON et al. (1961)
Rind			17.2	13.1	BECKER et al. (1963)
Rind	10.7-13.8	3.7-5.7		3.9-6.1	EVANS et al. (1973)
Rind	10.7-13.6	5.6-7.3			KOVÁCS et al. (1997)
Rind	21.3-29.0	21.8-29.6			TAF AJ et al. (2004)
Ochse GH	10.1-14.7	5.2-9.1		5.1-7.0	eigene Ergebnisse
Ochse LH	10.0-15.8	7.3-10.3		7.0-11.0	eigene Ergebnisse
Ochse GR	8.7-12.6	5.5-7.4		5.0-7.4	eigene Ergebnisse
Addax	12.2	8.3		9.3	eigene Ergebnisse
Addax KF	12.3	16.2		13.6	eigene Ergebnisse
Bison	13.2	8.2		10.1	eigene Ergebnisse
Rotwild	15.0	13.9		11.6	eigene Ergebnisse
Elch	15.2	15.1		13.4	eigene Ergebnisse
Schaf			8.1-13.7	7.2-10.0	WAGHORN et al. (1986)
Schaf	11.1-11.3	9.2-9.6	10.0-11.7	7.9-9.2	BERNARD et al. (2000)
Mufflon	16.7	15.8		14.7	eigene Ergebnisse
Reh	12.9	13.1		12.2	eigene Ergebnisse

Eine interessante Beobachtung zum Feuchtigkeitsgehalt im Netzmagen liefert Abbildung 5. Subjektiv erschien der Netzmageninhalt meist flüssiger als der des Pansens; sein TS-Gehalt war bei den Ochsen unmittelbar nach der Fütterung niedriger als im ventralen Pansen (Abb. 5), entsprach diesem jedoch zu anderen Zeitpunkten. Da sich der Netzmagen direkt unter der Cardia befindet, fallen durch die Cardia eintretende Boli, Fremdkörper – und vermutlich auch Speichel – zunächst in den Netzmagen, was diesen höheren Feuchtigkeitsgehalt direkt nach der Fütterung erklärt. Bei den Grasäsern Addax und Bison war der TS-Gehalt im Netzmagen höher als im ventralen Pansen, während bei Rotwild und Elch der Netzmagen einen höheren Feuchtigkeitsgehalt aufwies (Abb. 18) (die Unterschiede zwischen Netzmagen und ventralem Pansen waren allerdings in allen Fällen nicht signifikant, Tabelle 2). Aufgrund des insgesamt feuchteren, dünnflüssigeren Milieus (s.u.) könnte man vermuten, dass bei den Grasäsern der gesamte ventrale Pansenraum die Aufgabe der Separation der Futterpartikel nach ihren Flotationseigenschaften übernimmt, während diese bei den Laubäsern allein dem Netzmagen zukommt. Eine derartige Hypothese könnte auch die (nicht

quantifizierte) Beobachtung HOFMANN (1973, 1988) erklären, dass Grasäser einen vergleichsweise kleineren Netzmagen zu haben scheinen – sie könnten sich dies „leisten“, weil im ventralen Pansen bereits entsprechend „vorsortiert“ wurde.

2.3 Untersuchungen zu Parametern des Pansensaftes

2.3.1 Verschiedene Parameter mit Einfluss auf die Viskosität des Pansensaftes

Vergleichende Untersuchungen zum Pansensaft von Wildwiederkäuern liegen in der Literatur nicht vor, mit Ausnahme der Studie von JONES et al. (2001). Diese Autoren untersuchten den Pansensaft von fistulierten Schafen und von freilebenden, geschossenen Gnus (*Connochaetes spp.*), grossen Kudus (*Tragelaphus strepsiceros*), Impalas (*Aepyceros melampus*), Elenantilopen (*Taurotragus oryx*), Duckern (*Cephalopus spp.*), Afrikanischen Ziegen (*Capra hircus*), Giraffen (*Giraffa camelopardalis*) und Nyalas (*Tragelaphus angasii*) auf die Fähigkeit, tanninhaltiges Pflanzenmaterial in vitro zu verdauen; als Nebenfunde machten sie dabei Angaben über den TS-Gehalt und die Konsistenz. Diese Angaben wurden allerdings nicht pro Spezies, sondern nur im Vergleich Grasäser-Laubäser gemacht, wobei nur aus der Diskussion hervorgeht, dass „Grasäser“ die Schafe und Gnus umfasst, und „Laubäser“ die restlichen Spezies. Die Autoren gaben an, dass der durch ein Käsetuch abgepresste Pansensaft bei Laubäsern deutlich (subjektiv) dickflüssiger war – eine Beobachtung, die sich mit der im Rahmen dieser Arbeit gemachten subjektiven Beobachtung zum Pansensaft von Rehen und Elchen deckt (s. V.3.1 und V.4.1). Als Gesamtheit hatten die Laubäser bei JONES et al. (2001) einen signifikant höheren TS-Gehalt im abgepressten Pansensaft (14.7 mg/ml) als die Grasäser (4.2 mg/ml). Die Autoren spekulierten, dass dies ein Hinweis auf eine höhere Bakteriendichte, ein feineres Zerkauen der – dafür eventuell besser geeigneten – Nahrung oder ein häufigeres Wiederkauen, oder auf besondere Eigenschaften der von Laubäsern aufgenommenen natürlichen Nahrung sein könnte. Bereits VAN SOEST (1994) bemerkte, dass Laubäser meist höhere TS-Gehalte in ihrem Panseninhalt hätten, ohne dies jedoch mit Daten oder Literaturziten zu belegen; in diesem Zusammenhang muss auch die Untersuchung von CLEMENS und MALOY (1983) erwähnt werden, die keinen Unterschied im TS-Gehalt von „Panseninhalt“ bei laub- und grasfressenden afrikanischen Wildwiederkäuern fanden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie machen in diesem Zusammenhang jedoch deutlich, dass eine solche Aussage nur bei einer detaillierten Angabe zur Lokalisation der Beprobung vergleichend nutzbar ist; es ist zum Beispiel vorstellbar, dass sich Gras- und Laubäser nicht im TS-Gehalt des dorsalen Panseninhaltes unterscheiden, sehr wohl jedoch in dem des ventralen. In der vorliegenden Untersuchung hatten die Laubäser Elch und Reh (und der Mischäser Rotwild) jeweils einen höheren TS-Gehalt im zentrifugierten Pansensaft, der zugleich visköser und proteinreicher war (Abb. 21 und 31). Diese Koinzidenz könnte darauf hinweisen, dass sowohl ein höherer

Gehalt an feinkörnigem, aber auch proteinreichem Material für eine zähflüssigere Konsistenz bei den Laubäsen verantwortlich ist. Es steht zu vermuten, dass die Konsistenz des Speichels – ROBBINS et al. (1995) berichten, dass der von ihnen untersuchte Laubäser Maultierhirsch einen gallertigen Speichel in Ruhe aufwies, im Gegensatz zum dünnflüssigen Speichel bei Rindern und Schafen -, aber auch generell die Speichelproduktion und der Flüssigkeitsdurchfluss durch den Pansen (nach CLAUSS et al. 2006a zumindest bei grossen Grasäsen vermutlich höher als bei grossen Laubäsen) und Eigenschaften der natürlichen Nahrung gemeinsam zu diesem Erscheinungsbild beitragen.

Eine Möglichkeit wäre eine gezielte Steuerung der Pansenviskosität durch das Tier selbst durch die Aufnahme von Trinkwasser. Bei den Ochsen wurde beobachtet, dass die Tiere häufig Wasser aus den Selbsttränken aufnahmen, was mit Sicherheit zu einer gleichbleibend niedrigen Viskosität im Pansensaft beigetragen hat. Insbesondere bei den finnischen Elchen, in deren Wäldern Oberflächenwasser ohne Einschränkung zur Verfügung steht, könnte die grosse Variation in der Viskosität des Pansensaftes auf Unterschiede in der Tränkeaufnahme vor dem Abschuss zurückzuführen sein.

VAN SOEST (1994) führt aus, dass der Panseninhalt von mit Konzentratfutter gefütterten Rindern visköser und homogener ist als der von mit Rauhfutter gefütterten. Auch FORENBACHER (1973) fiel ein Unterschied in der Viskosität des Saftes bei unterschiedlicher Fütterung auf: Bei Silagefütterung war der Pansensaft wesentlich dünnflüssiger als bei der Fütterung von Getreideschrot. Durch die Produktion von Mukopolysacchariden bei übermässiger Getreidefütterung kann es bei Hausrindern zum Krankheitsbild der feinschaumigen Gärung kommen, die auch durch einen viskösen Pansensaft gekennzeichnet ist (CHENG et al. 1998). Der Panseninhalt von freilebenden Laubäsen wurde mit dem von an feinschaumiger Gärung leidenden Hauswiederkäuern verglichen (CLAUSS et al. 2001). Die besonders hohen Viskositäten wurden bei Elchen allerdings nicht bei den Individuen gemessen, die einen hohen Anteil an Wintergetreide in ihrem Panseninhalt aufwiesen, so dass die Ergebnisse nicht auf eine Getreideaufnahme zurückgeführt werden können. Die Vermutung liegt nahe, dass die von Laubäsen aufgenommene Nahrung an sich eher zu einem visköseren Pansensaft führt. Von Untersuchungen zur feinschaumigen Gärung bei Rindern (CHENG et al. 1998) und zur Ingestapassage bei Kühen und Schweinen ist bekannt, dass unterschiedliche Futtermittel die Viskosität des Nahrungsbreis entscheidend beeinflussen (SAKATA et al. 2004, HOPWOOD et al. 2004)

Entsprechende vergleichende Untersuchungen zu systematischen Unterschieden in der natürlichen Äsung von freilebenden Pflanzenfressern gibt es bislang nicht; allerdings könnte der von WATTIAUX et al. (1992b) beschriebene Unterschied im Wasserbindungsvermögen

von Luzerneheu (1.9 g/gTS) und Grasheu (1.2 g/gTS), der auch von BHATTI und FIRKINS (1995) bestätigt wurde, als Hinweis auf solche Unterschiede gewertet werden.

2.3.2 Anatomische Konsequenzen

Auf mögliche Konsequenzen eines hochviskösen Pansensaftes haben CLAUSS et al. (2006a/b) bereits hingewiesen: In einem hochviskösen Medium sollte es den von den Pansenbakterien produzierten Fermentationsgasen – Methan und Kohlendioxid – nicht leicht fallen, nach dorsal aufzusteigen und sich dort in einer Gasblase zu konfluieren; dementsprechend sollten in einem solchen Milieu die Fermentationsgase diffus im gesamten Pansen verteilt bleiben, was den subjektiven Eindruck eines „feinschaumigen“ Panseninhalts beim Elch, vor allem aber beim Rehwild, erklären würde. Die Gegenwart einer Gasblase – von der regelmässig Gas in Form des Ruktus über den Oesophagus ausgeschieden wird – hat zur Konsequenz, dass sich in diesem dorsalen Bereich keine anderen Substrate, also auch kein an flüchtigen Fettsäuren reicher Panseninhalt aufhalten kann. Da die Pansenzotten durch die Anwesenheit der flüchtigen Fettsäuren zum Wachstum stimuliert werden (WARNER et al. 1956), wurde die dorsale Gasblase als Grund dafür angesehen, dass im dorsalen Bereich des Rinderpansens kein Zottenwachstum ausgeprägt ist (CLAUSS 2006). Schon früher führten ACKERKNECHT (1945) und SCHUMMER und HABERMEHL (1995) im umgekehrten Schluss die fehlende Bezottung im dorsalen Pansen darauf zurück, dass bei Gegenwart der Gasblase eine Vergrösserung der Resorptionsfläche nicht notwendig sei. Bereits MARTIN und SCHAUDER (1938) beobachteten, dass die bei den Hauswiederkäuern festzustellenden Unterschiede im Zottenwachstum bei Hirschen nicht im gleichen Masse auszumachen sind. Es waren allerdings vor allem die Arbeiten von HOFMANN (1969, 1973), die eindrücklich demonstrierten, dass bei grasfressenden Wildwiederkäuern eine dem Hausrind vergleichbare Zottenverteilung im Pansen zu finden ist, bei Laubäsern hingegen eine mehr oder weniger gleichmässige Zottenauskleidung des Pansens. Wenn also postuliert wird, dass die Anwesenheit einer dorsalen Gasblase verantwortlich ist für die ungleichmässige Bezottung im dorsalen Pansen, und ein niedrigvisköser Pansensaft wiederum verantwortlich für die Ausbildung einer Gasblase, dann wäre die Zottenverteilung im Pansen ein Hinweis auf die Beschaffenheit des Panseninhalts. Wenn man die von HOFMANN (1973) gemessenen Oberflächen-Vergrösserungs-Faktoren (OVF) bei den verschiedenen Wildwiederkäuern vom dorsalen Pansen und Atrium in Form eines Quotienten in Beziehung setzt, so zeigt sich, dass sich für Laubäser durchweg Werte von knapp unter 1 ergeben – Hinweis auf eine relativ gleichmässige Bezottung – während Grasäser durchweg aufgrund der geringen Bezottung im dorsalen Pansen deutlich niedrigere Werte erreichen (Abb. 36).

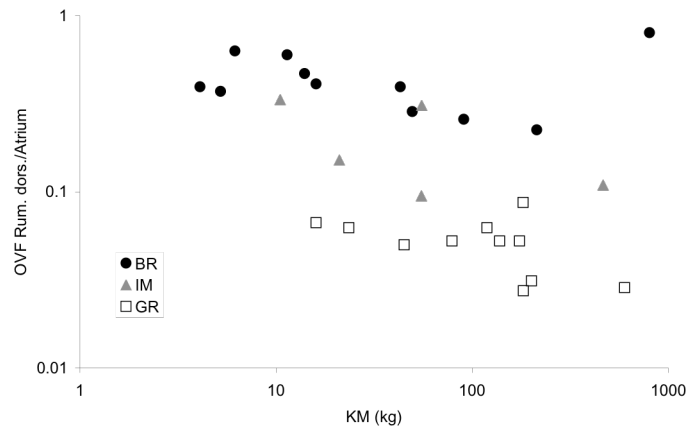


Abbildung 36: Vergleich des Quotienten des Oberflächen-Vergösserungs-Faktors (OVF) des dorsalen Pansens zum Atrium ruminis bei afrikanischen Wildwiederkäuern unterschiedlicher Körpermasse (KM) und unterschiedlichen Äsungstyps (BR = Laubäser, IM = Mischäser, GR = Grasäser) (Daten von HOFMANN 1973).

Sinngemäß ist ein ähnlicher Effekt im ventralen Pansen zu erwarten, wo HOFMANN (1973) und HOFMANN und SCHNORR (1982) ebenfalls grössere Unregelmässigkeiten bei den Gras- als bei den Laubäsern darstellen. In einem niedrigviskösen Medium sollten sich mehr unverdauliche bzw. bereits abverdaute Anteile sowie die von GRAU (1955) und CAPOTE und HENTGES (1967) beschriebene „Schlammsschicht“ im ventralen Pansen befinden, während bei einem hochviskösen Pansensaft diese Bestandteile eher gleichmässig im gesamten Panseninhalt verteilt und nicht so abgegrenzt ventral vorkommen sollten. Dementsprechend wäre wiederum zu erwarten, dass bei Grasäsern in diesem Bereich weniger Fermentation stattfindet, also weniger flüchtige Fettsäuren freigesetzt werden und damit weniger Zottenwachstum stimuliert wird. Der Quotient des OVF des ventralen Pansens und des Atriums zeigt wiederum das Bild einer homogenen Zottenverteilung bei Laubäsern (Abb. 37).

Eine weitere anatomische Beobachtung könnte auf diese Weise erklärt werden. HOFMANN (1988) zitierte die unveröffentlichte Dissertation von AXMACHER (1987), die fand, dass die Drüschleimhaut des Labmagens bei Laubäsern deutlich dicker ist als die von Grasäsern (Abb. 38). Es stellt sich die Frage, weshalb Laubäser eine höhere Anzahl Magensäureproduzierender Zellen benötigen könnten als Grasäser. Die Vermutung, dass dies mit einer vermeintlich rascheren Flüssigkeits-Passage bei Laubäsern oder gar mit einem Vorbeischleusen von pufferndem Speichel am Pansen durch die Magenrinne zusammenhängen könnte (HOFMANN 1988) halten neueren Untersuchungen zu diesen Phänomenen (BEHREND et al. 2004, CLAUSS et al. 2006a) nicht stand. Ein visköserer Pansensaft bei Laubäsern könnte hier jedoch wiederum als Erklärung greifen. Wenn die Fermentationsgase Methan und Kohlendioxid nicht dorsal konfluieren, sondern diffus im Panseninhalt vorliegen, so ist anzunehmen, dass bei Laubäsern ein grösserer Anteil an

Kohlendioxid mit dem Pansensaft aus dem Pansen in den Labmagen gelangt, und dass somit das Säure-Basen-Gleichgewicht mehr in Richtung des puffernden Bicarbonats verschoben ist. Damit wäre verständlich, weshalb beim Laubäser im Labmagen eine grössere Menge an Salzsäure notwendig ist, um einen Abfall des pH-Wertes in der Ingesta zu erzielen. Wie das entstehende Kohlendioxid entweicht, ist allerdings noch nicht erforscht.

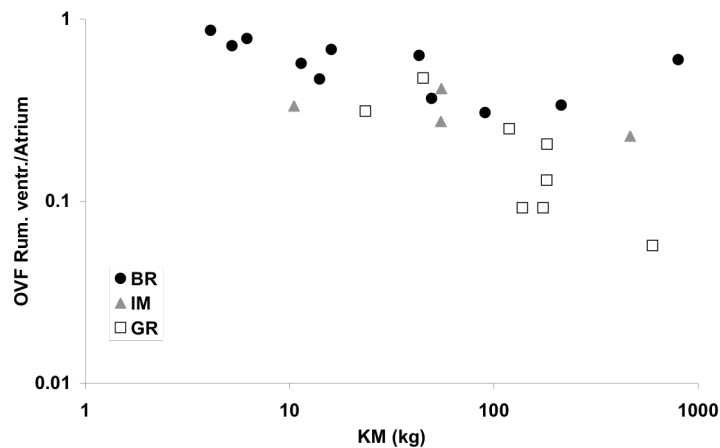


Abbildung 37: Vergleich des Quotienten des Oberflächen-Vergösserungs-Faktors (OVF) des ventralen Pansens zum Atrium ruminis bei afrikanischen Wildwiederkäuern unterschiedlicher Körpermasse (KM) und unterschiedlichen Äsungstyps (BR = Laubäser, IM = Mischäser, GR = Grasäser) (Daten von HOFMANN 1973).

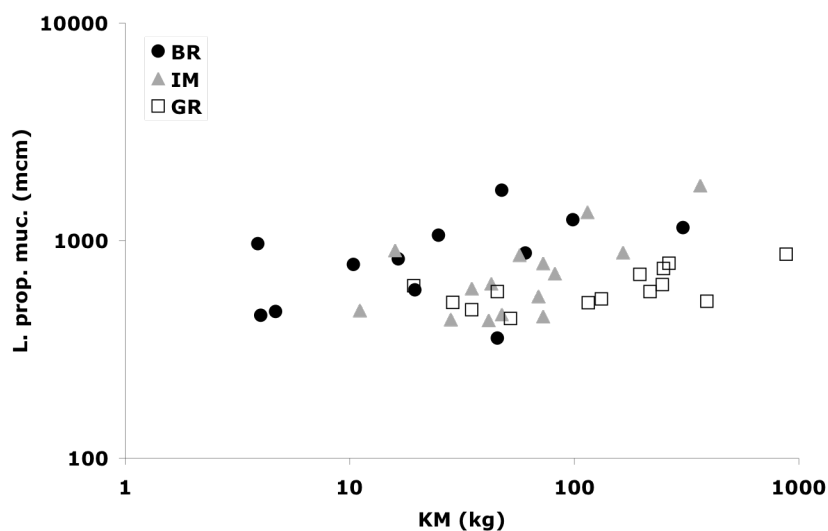


Abbildung 38: Dicke der Lamina propria mucosae des Labmagen-Fundus bei Wildwiederkäuern unterschiedlicher Körpermasse (KM) und unterschiedlichen Äsungstyps (BR = Laubäser, IM = Mischäser, GR = Grasäser) (Daten von AXMACHER 1987).

VII. Schlussfolgerung

Im Rahmen dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass sich auch bei fistulierten, kontrolliert gefütterten Ochsen eine Schichtung des Panseninhalts nicht zweifelsfrei mit allen theoretisch eindeutigen Parametern demonstrieren liess. Insbesondere war der zeitliche Verlauf der Verteilung von flotierendem und sedimentierendem Material und der Partikelgrössen in den Vormagenabschnitten – vermutlich eine Funktion des zeitlichen Ablaufs der Fermentation – beachtenswert. In dem Zeitfenster, dass für freilebende Wildwiederkäuer die vermeintlich höchste Relevanz hat - 3-6 h nach Beginn der letzten Futteraufnahme - waren Unterschiede in der funktionellen Dichte der Partikel und in der Partikelgrösse zwischen den Vormagenabschnitten bei den Ochsen am schwächsten ausgeprägt. Allein der Parameter Trockensubstanz-Gehalt erwies sich, unabhängig vom Zeitpunkt der Fütterung, als zuverlässig für die kontinuierliche Darstellung einer Schichtung des Vormageninhalts.

Dieser Parameter ergab auch bei den untersuchten Wildwiederkäuern ein Ergebnis, das der Ausgangshypothese entsprach: Die beiden laubäsenden Arten Elch und Reh zeigten keine Schichtung des Panseninhalts hinsichtlich des TS-Gehaltes in den verschiedenen Vormagenabschnitten, während die grasäsenden Arten Addax, Bison und Mufflon eine solche TS-Schichtung aufwiesen; der Mischäser Rotwild zeigte intermediäre Werte. Mit diesem Parameter konnte somit zum ersten Mal ein Unterschied in der Schichtung des Panseninhaltes zwischen verschiedenen Wiederkäuer-Spezies demonstriert werden. Dies gelang nicht mit den Parametern der funktionellen Dichte oder der Partikelgrösse zwischen den Vormagenabschnitten. Insbesondere bei der funktionellen Dichte lässt sich dies aufgrund der im Ochsenversuch beobachteten zeitlichen Veränderung mit der Fermentation erklären. Der Vormageninhalt von Grasäsern zeichnet sich nach diesen Untersuchungen vor allem durch eine Übersättigung an Flüssigkeit aus, die nicht vom Inhalt gebunden werden kann und sich deshalb ventral ansammelt. Ursache dafür mögen Eigenschaften der Äsung sein – so könnte die von Laubäsern aufgenommene Nahrung Inhaltsstoffe aufweisen, die wie die gelbildenden Substanzen in manchen Getreiden Wasser binden; oder es könnte bei den Grasfressern eine erhöhte Wasseraufnahme oder eine erhöhte Speichelproduktion vorliegen.

Diese Beobachtungen werden unterstützt durch die festgestellten Unterschiede in Viskosität, TS- und Protein-Gehalt des Pansensaftes. Die laubäsenden Arten Elch und Reh wiesen einen visköseren Pansensaft mit einem höheren TS- und Rp-Gehalt auf als die grasäsenden Arten. Ein wesentlicher kausaler Faktor in dem Erklärungsansatz für die morphophysiologischen Unterschiede zwischen den Äsungstypen (CLAUSS 2006) konnte somit bestätigt werden. Allerdings müssen diese Ergebnisse aufgrund der hohen, bei den

Elchen beobachteten Variation als vorläufig betrachtet werden. Die Gründe für die unterschiedliche Viskosität könnten in Eigenschaften der Äsung und in der Konsistenz des Speichels gesucht werden.

Unabhängig von der Tierart zeigte sich, dass sich Vormageninhalt jedweder Lokalisation aufgrund seiner funktionellen Dichte in grössere, flotierende und kleinere, sedimentierende Partikel aufteilt, wenn er in ein niedrigvisköses Medium (hier: die McDougall'sche Lösung) verbracht wird. Die physikalische Grundlage für einen Sortiermechanismus ist somit unabhängig von der Äsung prinzipiell gegeben. Eine fehlende Schichtung des Vormageninhalts sollte somit vermutlich nicht nur – wie bei CLAUSS et al. (2001) und CLAUSS et al. (2003a) – als Funktion der unterschiedlichen Ausgangsäsung angesehen werden, sondern auch als Funktion von Tierfaktoren, wie zum Beispiel der Speichelproduktion und –viskosität.

Weitere Untersuchungen sollten vor allem darauf abzielen, den Verlauf der Pansenschichtung in vivo bei Vertretern verschiedener Äsungstypen zu charakterisieren – aufgrund von Versuchen mit fistulierten Tieren, aber evtl. auch anhand von bildgebenden Verfahren an nicht-fistulierten Individuen. Die Relevanz der Pansenschichtung sollte in Studien zum Einfluss von Partikelgrösse und –dichte auf die Vormagenpassage bei verschiedenen Spezies untersucht werden. Eine besondere experimentelle Herausforderung stellt sicherlich die Erforschung von systematischen Unterschieden im Pflanzenmaterial hinsichtlich schichtungsrelevanter Eigenschaften (Frakturemuster, Veränderung der funktionellen Dichte mit der Zeit) dar. Und schliesslich sollten die in dieser Studie demonstrierten Unterschiede an einer grösseren Anzahl von Wildwiederkäuer-Spezies bestätigt werden. Dabei ist zu beachten, dass sich aufgrund der weiten Ausdehnung der Fasermatte in vivo nach ventral (vgl. Abb. 35) eine Schichtung des Panseninhalts vor allem dann wird feststellen lassen, wenn für den ventralen Pansensack zuverlässig die unterste, mit Flüssigkeit angereicherte Schicht beprobt wird.

VIII. Literaturverzeichnis

ACKERKNECHT, E. (1945)

Das Eingeweidesystem.

In: Ellenberg, W. und Baum, A., eds. Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere.
Springer, Berlin (zitiert nach Hofmann 1969)

AHVENJÄRVI, S., SKIBA, B. und HUHTANEN, P. (2001)

Effect of heterogenous digesta chemical composition on the accuracy of measurements of fibre flow in dairy cows.

Journal of Animal Science 79: 1611-1620

AUSTIN, P.J., SUCHAR, L.A., ROBBINS, C.T. und HAGERMANN, A.E. (1989)

Tannin-binding proteins in saliva of deer and their absence in saliva of sheep and cattle.

Journal of Chemical Ecology 15: 1335-1347

AXMACHER, H. (1987)

Vergleichend histologische und morphometrische Untersuchungen am Abomasum von 36 Wiederkäuerarten (Ruminantia Scopoli 1977).

Diss. med. vet., Universität Giessen

BAILONI, L., RAMANZIN, M., SIMONETTO, A., OBLAKOV, N., SCHIAVON, S. und BITTANTE, G. (1998)

The effect of in vitro fermentation on specific gravity and sedimentation measurements of forage particles.

Journal of Animal Science 76: 3095-3103

BALCH, C.C. und KELLY, A. (1950)

Factors affecting the utilization of food by dairy cows: 3. The specific gravity of digesta from the reticulo-rumen of cows.

British Journal of Nutrition 4: 395-398

BAUMONT, R. und DESWYSEN, A.G. (1991)

Mélange et propulsion du contenu du réticulo-rumen.

Reproduction Nutrition Development 31: 335-339

BECKER, R.B., MARSHALL, S.P. und DIX ARNOLD, P.T. (1963)

Anatomy, development and functions of the bovine omasum.

Journal of Dairy Science 46: 835-839

BEHREND, A., LECHNER-DOLL, M., STREICH, W.J. und CLAUSS, M. (2004)

Seasonal faecal excretion, gut fill, liquid and particle marker retention in mouflon (*Ovis ammon musimon*), and a comparison with roe deer (*Capreolus capreolus*).

Acta Theriologica 49 : 503-515

BERNARD, L., CHAISE, J.P., BAUMONT, R. und PONCET, C. (2000)

The effect of physical form of orchardgrass hay on the passage of particulate matter through the rumen of sheep.

Journal of Animal Science 78: 1338-1354

BHATTI, S.A. und FIRKINS, J.L. (1995)

Kinetics of hydration and functional specific gravity of fibrous feed by-products.

Journal of Animal Science 73: 1449-1458

CAPOTE, F.A. und HENTGES, J.F. (1967)

Diet effect on ruminant forestomach structure.

Ceiba 13: 9-37

CHENG, K.-J., MCALLISTER, T.A., POPP, J.D., HRISTOV, A.N., MIR, Z. und SHIN, H.T (1998)

A review of bloat in feedlot cattle.

Journal of Animal Science 76: 299-308

CLAUSS, M. (2004)

The potential interplay of posture, digestive anatomy, ingesta density and gravity in mammalian herbivores, or why sloths do not rest hanging upside down.

Mammal Review 34: 241-245

CLAUSS, M. (2006)

Vergleichende Verdauungsphysiologie und Ernährung laub- und grasfressender Huftiere.

Habilitationsschrift, LMU München

CLAUSS, M. und LECHNER-DOLL, M. (2001)

Differences in selective reticulo-ruminal particle retention as a key factor in ruminant diversification.

Oecologia 129: 321-327

CLAUSS, M., LECHNER-DOLL, M., BEHREND, A., LASON, K., LANG, D. und STREICH, W.J. (2001)

Particle retention in the forestomach of a browsing ruminant, the roe deer (*Capreolus capreolus*).

Acta Theriologica 46 : 103-107

CLAUSS, M., LECHNER-DOLL, M. und STREICH, W.J. (2002)

Faecal particle size distribution in captive wild ruminants: an approach to browser/grazer dichotomy from the other end.

Oecologia 131: 343-349

CLAUSS, M., LECHNER-DOLL, M. und STREICH, W.J. (2003a)

Ruminant diversification as an adaptation to the physicommechanical characteristics of forage. A reevaluation of an old debate and a new hypothesis.

Oikos 102: 253-262

CLAUSS, M., KIENZLE, E. und HATT, J.M. (2003b)

Feeding practice in captive wild ruminants: peculiarities in the nutrition of browsers/concentrate selectors and intermediate feeders. A review.

In: Fidgett, A.L., Clauss, M., Ganslosser, U., Hatt, J.M. und Nijboer, J. , eds.

Zoo Animal Nutrition Vol. II., Filander Verlag, Fürth, S 27-52

CLAUSS, M., LASON, K., GEHRKE, J., LECHNER-DOLL, M., FICKEL, J., GRUNE, T. und STREICH, W.J. (2003c)

Captive roe deer (*Capreolus capreolus*) select for low amounts of tannic acid but not quebracho: fluctuation of preferences and potential benefits.

Comparative Biochemistry and Physiology B 136: 369-382

CLAUSS, M., FREY, R., KIEFER, B., LECHNER-DOLL, M., LOEHLEIN, W., POLSTER, C., RÖSSNER, G.E. und STREICH, W.J. (2003d)

The maximum attainable body size of herbivorous mammals: morphophysiological constraints on foregut and adaptations of hindgut fermenters.

Oecologia 136: 14-27

CLAUSS, M., HUMMEL, J. und STREICH, W.J. (2006a)

The dissociation of the fluid and particle phase in the forestomach as a physiological characteristic of large grazing ruminants: an evaluation of available, comparable ruminant passage data.

European Journal of Wildlife Research 52: 88-98

CLAUSS, M., HOFMANN, R.R., HUMMEL, J., ADAMCZEWSKI, J., NYGREN, K., PITRA, C., STREICH, W.J. und REESE, S. (2006b)

The macroscopic anatomy of the omasum of free-ranging moose (*Alces alces*) and muskoxen (*Ovibos moschatus*) and a comparison of the omasal laminal surface area in 34 ruminant species.

The Journal of Zoology 270: 346-358

CLEMENS, E.T. und MALOIY, G.M.O. (1983)

Digestive physiology of East African wild ruminants.

Comparative Biochemistry and Physiology A 76: 319-333

DARDILLAT, C. und BAUMONT, R. (1992)

Physical characteristics of reticular content in the bovine and consequences on reticular outflow.

Reproduction Nutrition Development 32: 21-36

DEMMENT, M.W. und LONGHURST, W.H. (1987)

Browsers and grazers: constraints on feeding ecology imposed by gut morphology and body size.

In: Santana, O.P., da Silva, A.G. und Foote, W.C., eds. Proceedings of the IVth International Conference on Goats.

Departimento de Disuao de Tecnologia, Brasilia, Brasilien, S. 989-1004

EVANS, E.W., PEARCE, G.R., BURNETT, J. und PILLINGER, S. (1973)

Changes in some physical characteristics of the digesta in the reticulo-rumen of cows fed once daily.

British Journal of Nutrition 29: 357-376

FICKEL, J., GÖRITZ, F., JOEST, B.A., HILDEBRANDT, T., HOFMANN, R.R. und BREVES, G. (1998)

Analysis of parotid and mixed saliva in roe deer (*Capreolus capreolus*).

Journal of Comparative Physiology B 168: 257-264

FORENBACHER, S. (1973)

Pansensaftuntersuchung.

Tierärztliche Praxis 1: 481-487

FORWOOD, J.R., OWENSBY, C.E. und TOWNE, G. (1985)

Particle size changes in rumen of cattle grazing Kansas Flint Hills range.

Journal of Range Management 38: 171-176

FRITZ, J. (2007)

Allometrie der Kotpartikelgröße von pflanzenfressenden Säugern, Reptilien und Vögeln.

Diss. med. vet., LMU München

FROETSCHER, M.A. und AMOS, H.E. (1991)

Effects of dietary fiber and feeding frequency on ruminal fermentation, digesta water-holding capacity, and fractional turnover of contents.

Journal of Animal Science 69: 1312-1321

GORDON, I.J. und ILLIUS, A.W. (1994)

The functional significance of the browser-grazer dichotomy in African ruminants.

Oecologia 98: 167-175

GRAU, H. (1955)

Zur Funktion der Vormägen, besonders des Netzmagens, der Wiederkäuer.

Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift 15: 271-275

HOFMANN, R.R. (1968)

Comparisons of the rumen and omasum structure in East African game ruminants in relation to their feeding habits.

Symposia of the Zoological Society of London 21: 179-194

HOFMANN, R.R. (1969)

Zur Topographie und Morphologie des Wiederkäuermagens im Hinblick auf seine Funktion (nach vergleichenden Untersuchungen an Material ostafrikanischer Wildarten).

Zentralblatt für Veterinärmedizin, Supplement 10: 1-180

HOFMANN, R.R. (1973)

The ruminant stomach.

East African Literature Bureau, Nairobi

HOFMANN, R.R. (1985)

Digestive physiology of deer - their morphophysiological specialisation and adaptation.

Royal Society of New Zealand Bulletin 22: 393-407

HOFMANN, R.R. (1988)

Anatomy of the gastro-intestinal tract.

In: Church, D.C., ed. The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition.

Prentice Hall, New Jersey, S. 14-43

HOFMANN, R.R. (1989)

Evolutionary steps of ecophysiological adaption and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system.

Oecologia 78: 443-457

HOFMANN, R.R. (1991)

Endangered tropical herbivores- their nutritional requirements and habitat demands.

In: Ho, Y., Wong, H., Abdullah, N. und Tajuddin, Z., eds. Recent advances on the nutrition of herbivores.

Malaysia Society of Animal Production, UPM Serdang, S. 27-34

HOFMANN, R.R. (2000)

Functional and comparative digestive system anatomy of arctic ungulates.

Rangifer 20: 71-81

HOFMANN, R.R. und STEWART, D.R.M. (1972)

Grazer or browser: a classification based on the stomach-structure and feeding habits of East African ruminants.

Mammalia 36: 226-240

HOFMANN, R.R. und SCHNORR, B. (1982)

Die funktionelle Morphologie des Wiederkäuer-Magens.

Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

HOLLBERG; W. (1984)

Vergleichende Untersuchungen von mittels Scham-Bye-Sörensen-Sonde oder durch Punktion des caudoventralen Pansensacks gewonnenen Pansensaftproben.

Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 91: 317-320

HOOPER, A.P. und WELCH, J.G. (1985)

Effects of particle size and forage composition on functional specific gravity.

Journal of Dairy Science 68: 1181-1188

HOPPE, P.P. (1977)

Comparison of voluntary food and water consumption and digestion in Kirk's dikdik and suni.

East African Wildlife Journal 15: 41-48

HOPWOOD, D.E., PETHICK, D.W., PLUSKE, J.R. und HAMPSON, D.J. (2004)

Addition of pearl barley to a rice-based diet for newly weaned piglets increases the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post-weaning colibacillosis.

British Journal of Nutrition 92: 419-427

HRISTOV, A.N., AHVENJARVI, S., MCALLISTER, T.A. und HUHTANEN, P. (2003)

Composition and digestive tract retention time of ruminal particles with functional specific gravity greater or less than 1,02.

Journal of Animal Science 81: 2639-2648

HUMMEL, J., CLAUSS, M., ZIMMERMANN, W., JOHANSON, K., NORGAARD, C. und PFEFFER, E. (2005)

Fluid and particle retention in captive okapi (*Okapia johnstoni*).

Comparative Biochemistry and Physiology A 140: 436-444

HUMMEL, J., SÜDEKUM, K.-H., STREICH, W.J. und CLAUSS, M. (2006)

Forage fermentation patterns and their implications for herbivore ingesta retention times.
Functional Ecology 20: 989-1002

JOHNSTON, R.P., KESLER, E.M. und MCCARTHY, R.D. (1961)

Absorption of organic acids from the omasum.
Journal of Dairy Science 44: 331-339

JONES, R.J., MEYER, J.H.F., BECHAZ, F.M., STOLTZ, M.A., PALMER, B. und VAN DER MERWE, G. (2001)

Comparison of rumen fluid from South African game species and from sheep to digest tanniniferous browse.
Australian Journal of Agricultural Research 52: 453-460

KASKE, M. und VON ENGELHARDT, W. (1990)

The effect of size and density on mean retention time of particles in the gastrointestinal tract of sheep.
British Journal of Nutrition 63: 457-465

KASKE, M., HATIBOGLU, S. und VON ENGELHARDT, W. (1992)

The influence of density and size of particles on rumination and passage from the reticulo-rumen of sheep.
British Journal of Nutrition 67: 235-244

KENNEDY, P.M. (1995)

Intake and digestion in swamp buffaloes and cattle. 4. Particle size and buoyancy in relation to voluntary intake.
Journal of Agricultural Science 124: 277-287

KIPLEL, N.M. (1981)

Comparative studies of the functional anatomy of the masticatory muscles in ruminants of the intermediate feeding type.
M. Sc. Thesis (Med. Vet.) University Nairobi, Kenya

KOVÁCS, P.L., SÜDEKUM, K.-H. und STANGASSINGER, M. (1997)

Rumen contents and ruminal and faecal particle size distribution in steers fed a mixed diet at three amounts of intake.

Animal Feed Science Technology 64: 143-154

KOVÁCS, P.L., SÜDEKUM, K.-H. und STANGASSINGER, M. (1998)

Effects of intake of a mixed diet and time postfeeding on amount and fibre composition of ruminal and faecal particles and on digesta passage from the reticulo-rumen of steers.

Animal Feed Science Technology 71: 325-340

LECHNER-DOLL, M., KASKE, M. und VON ENGELHARDT, W. (1991)

Factors affecting the mean retention time of particles in the forestomach of ruminants and camelids.

In: Tsuda, T., Saaski, Y. und Kawashima, R., eds. Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants.

Academic Press, San Diego, S. 455-482

LIRETTE, A., MILLIGAN, L.P., CYR, N. und ELOFSON, R.M. (1990)

Buoyancy separation of particles of forage, faeces and ruminal contents and nuclear magnetic resonance examination.

Canadian Journal of Animal Science 70: 1099-1108

LUGINBUHL, J.-M., POND, K.R. und BURNS, J.C. (1990)

Changes in ruminal and faecal particle weight distribution of steers fed coastal bermudagrass hay at four levels.

Journal of Animal Science 68: 2864-2873

MARHOLDT, F. und HOFMANN, R.R. (1991)

Makro- und mikroskopische Veränderungen der Pansenschleimhaut von Zoo- und Wildwiederkäuern – ein Befundbericht mit Hinweisen zur artgerechten Fütterung.

Tagungsbericht 11. Arbeitstagung der Zootierärzte im deutschsprachigen Raum, S. 19-33

MARTIN, P. und SCHAUDER, W. (1938)

Anatomie der Haustiere, Bd. III: Anatomie der Hauswiederkäuer.

Schickhard und Ebner Verlag, Stuttgart

MARTIN, C., DEVILLARD, E. und MICHALET-DOREAU, B. (1999)

Influence of sampling site on concentrations and carbohydrate-degrading enzyme activities of protozoa and bacteria in the rumen.

Journal of Animal Science 77: 979-987

NOCEK, J.E. und KOHN, R.A. (1987)

Initial particle form and size on change in functional specific gravity of alfalfa and timothy hay.

Journal of Dairy Science 70: 1850-1863

NYGREN, K. und HOFMANN, R.R. (1990)

Seasonal variations of food particle size in moose.

Alces 26: 44-50

NYGREN, K. und WALLEN, M. (2001)

Hirvitetosanakirja.

RKTL, Helsinki

NYGREN, K., LECHNER-DOLL, M. und HOFMANN, R.R. (2001)

Influence of papillae on post-ruminal regulation of ingesta passage in moose (*Alces alces*).

Journal of Zoology London 254: 375-380

PÉREZ-BARBERÍA, F.J., GORDON, I.J. und ILLIUS, A.W. (2001)

Phylogenetic analysis of stomach adaption in digestive strategies in African ruminants.

Oecologia 129: 498-508

PÉREZ-BARBERÍA, F.J., ELSTON, D.A., GORDON, I.J. und ILLIUS, A.W. (2004)

The evolution of phylogenetic differences in the efficiency of digestion in ruminants.

Proceedings of the Royal Society of London B 271: 1081-1090

POPPI, D.P., NORTON, B.W., MINSON, D.J. und HENDRICKSEN, R.E. (1980)

The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen.

Journal of Agricultural Science 94: 275-282

PRINS, R.A., LANKHORST, A. und VAN HOVEN, W. (1984)

Gastro-intestinal fermentation in herbivores and the extent of plant cell wall digestion.

In: Gilchrist, F.M.C. und Mackie, R.I., eds. Herbivore nutrition in the subtropics and tropics.

The Science Press, Craighall, South Africa, S. 408-434

RENECKER, L.A. und HUDSON, R.J. (1990)

Digestive kinetics of moose, wapiti and cattle.

Animal Production 50: 51-61

ROBBINS, C.T., MOLE, S., HAGERMAN, A.E. und HANLEY, T.A. (1987)

Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion?

Ecology 68: 1606-1615

ROBBINS, C.T., SPALINGER, D.E. und VAN HOVEN, W. (1995)

Adaption of ruminants to browse and grass diets: are anatomical-based browser-grazer interpretations valid?

Oecologia 103: 208-213

ROWELL-SCHÄFER, A., LECHNER-DOLL, M., HOFMANN, R.R., STREICH, W.J., GÜVEN, B. und MEYER, H.H.D. (2001)

Metabolic evidence of a 'rumen bypass' or a 'ruminal escape' of nutrients in roe deer (*Capreolus capreolus*).

Comparative Biochemistry and Physiology A 128: 289-298

SAKATA, T., TAKAHASHI, T. und GOTO, M. (2004)

Viscoelastic properties of the small intestinal and caecal contents of the chicken.

British Journal of Nutrition 91: 867-872

SCHALK, A.M. und AMADON, R.S. (1928)

Physiology of the ruminant stomach.

North Dakota Agricultural Experimental Station Bulletin 216

SCHUMMER, A. und HABERMEHL, K.-H. (1995)

Verdauungsapparat.

In: Nickel, R., Schummer, A. und Seiferle, E., eds. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. II.

Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin Wien, S. 19-194

SMITH, P.H., SWEENEY, H.C., ROONEY, J.R., King, K.W. und MOORE, W.E.C. (1956)

Stratifications and kinetic changes in the ingesta of the bovine rumen.

Journal of Dairy Science 39: 598-609

SPALINGER, D.E., ROBBINS, C.T. und HANLEY, T.A. (1993)

Adaptive rumen function in elk and mule deer.

Canadian Journal of Zoology 71: 601-610

STETTER NEEL, J.P., PRIGGE, E.C. und TOWNSEND, E.C. (1995)

Influence of moisture content of forage on ruminal functional specific gravity and passage of digesta.

Journal of Animal Science 73: 3094-3102

STEVENS, C.E. und HUME, I.D. (1998)

Contributions of microbes in vertebrate gastrointestinal tract to production and conservation of nutrients.

Physiological Reviews 78: 393-427

SUTHERLAND, T.M. (1988)

Particle separation in the forestomach of sheep.

In: Dobson, A. und Dobson, M.J., eds. Aspects of digestive physiology in ruminants.

Cornell University Press, Ithaca, S. 43-73

TAF AJ, M., MAULBETSCH, A., JUNCK, B., STEINGASS, H. und DROCHNER, W. (2001)

Research note: a method for studying local differences in ruminal fermentation in dairy cattle.

Archives of Animal Nutrition 54: 341-347

TAF AJ, M., JUNCK, B., MAULBETSCH, A., STEINGASS, H., PIEPHO, H.-P. und DROCHNER, W. (2004)

Digesta characteristics of dorsal, middle and ventral rumen of cows fed with different hay qualities and concentrate levels.

Archives of Animal Nutrition 58: 325-342

TROELSEN, J.E. und CAMPBELL, J.B. (1968)

Voluntary consumption of forage by sheep and its relation to the size and shape of particles in the digestive tract.

Animal Production 10: 289-296

UDÉN, P. (1988)

The effect of grinding and pelleting hay on digestibility, fermentation rate, digesta passage and rumen and faecal particle size in cows.

Animal Feed Science and Technology 19: 145-158

VAN SOEST, P.J. (1982)

Nutritional ecology of the ruminant

O und B Books Inc., Corvallis, Oregon

VAN SOEST, P.J. (1994)

Nutritional ecology of the ruminant, 2nd edition.

Cornell University Press, Ithaca

VAN WIEREN, S.E. (1996a)

Browsers and grazers: foraging strategies in ruminants.

In: Van Wieren, S.E., ed. Digestive strategies in ruminants and nonruminants.

Thesis Landbouw, University of Wageningen, The Netherlands, S. 119-146

VAN WIEREN, S.E. (1996b)

Nutrient extraction from mixed grass-browse diets by goats and sheep.

In: Van Wieren, S.E., ed. Digestive strategies in ruminants and nonruminants.

Thesis Landbouw, University of Wageningen, The Netherlands, S. 67-80

WAGHORN, G.C., REID, C.S.W., ULYATT, M.J. und JOHN, A. (1986)

Feed comminution, particle composition and distribution between the four compartments of the stomach in sheep fed chaffed lucerne hay at two feeding frequencies and intake levels.

Journal of Agricultural Science 106: 287-296

WAGHORN, G.C., SHELTON, I.D. und THOMAS, V.J. (1989)

Particle breakdown and rumen digestion of fresh ryegrass (*Lolium perenne* L.) and lucerne (*Medicago sativa* L.) fed to cows during a restricted feeding period.

British Journal of Nutrition 61: 409-423

WARNER, R.G., FLATT, W.P. und LOOSLI, J.K. (1956)

Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach.

Agricultural Food Chemistry 4: 788-792

WATTIAUX, M.A., SATTER, L.D. und MERTENS, D.R. (1992a)

Effect of microbial fermentation on functional specific gravity of small forage particles.

Journal of Animal Science 70: 1262-1270

WATTIAUX, M.A., MERTENS, D.R. und SATTER, L.D. (1992b)

Kinetics of hydration and effect of liquid uptake on specific gravity of small hay and silage particles.

Journal of Animal Science 70: 3597-3606

WEIDNER, S.J. und GRANT, R.J. (1994)

Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows.

Journal of Dairy Science 77: 522-532

WELCH, J.G. (1982)

Rumination, particle size and passage from the rumen.

Journal of Animal Science 54: 885-894

IX. Appendix

Tabelle 5: Bestandteile der McDougall's Lösung pro Liter (L) Wasser.

9,80g	NaHCO ₃ /L
7,00g	Na ₂ HPO ₄ ·7H ₂ O/L
0,57g	KCl/L
0,47g	NaCl/L
0,12g	MgSO ₄ ·7H ₂ O/L
4,00%(wt/vol)	CaCl ₂ solution

Tabelle 6: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte bei dem Ochsen Berti (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.
GH	0	12.7	5.4	5.4
GH	3	13.5	7.6	5.3
GH	6	14.7	4.6	5.2
GH	12	15.3	6.1	6.2
GH	24	12.7	6.9	6.3
LH	0	7.1	8.1	6.9
LH	3	13.5	7.3	5.5
LH	6	13.6	7.4	6.8
LH	12	14.7	8.5	8.7
LH	24	12.8	9.0	11.5
GR	0	12.1	5.7	4.3
GR	3	13.3	4.9	5.5
GR	6	12.1	5.7	5.1
GR	12	14.1	6.1	7.0
GR	24	8.0	7.5	7.3

Tabelle 7: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte bei dem Ochsen Goliat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.
GH	0	7.4	5.7	6.8
GH	3	14.5	11.2	5.4
GH	6	14.8	7.8	5.6
GH	12	14.6	3.9	5.2
GH	24	13.1	7.2	6.6
LH	0	12.2	5.5	7.5
LH	3	17.6	7.2	7.0
LH	6	16.6	9.2	9.4
LH	12	16.4	7.7	10.4

Fortsetzung Tabelle 7: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte bei dem Ochsen Goliat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

LH	24	13.3	11.0	10.1
GR	0	10.6	6.6	6.1
GR	3	12.1	5.3	5.4
GR	6	10.8	7.0	9.0
GR	12	11.1	6.3	5.0
GR	24	9.5	6.5	6.8

Tabelle 8: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte bei dem Ochsen Granat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.
GH	0	10.1	6.1	7.0
GH	3	15.4	8.6	4.5
GH	6	14.5	8.1	6.7
GH	12	13.5	5.7	7.4
GH	24	11.1	6.9	7.0
LH	0	10.7	8.2	7.0
LH	3	15.5	8.9	8.6
LH	6	16.5	9.0	7.2
LH	12	16.1	9.8	7.9
LH	24	12.6	11.0	11.4
GR	0	8.8	8.7	7.7
GR	3	12.3	6.3	5.3
GR	6	12.4	6.2	7.8
GR	12	11.9	9.7	5.4
GR	24	8.7	7.5	6.1

Tabelle 9: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Berti (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	VA	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
GH	0	D	F	6.8812	0.0397	0.5138	0.4896	1.3063	2.3430	2.4264	4.57
GH	0	D	S	1.1673	0.0209	0.1238	0.2167	0.4761	0.6475	0.7730	3.88
GH	0	N	F	1.4139	0.0193	0.0748	0.2148	0.3875	0.5842	0.7498	4.16
GH	0	N	S	0.6788	0.0335	0.0391	0.5079	0.6599	1.1994	0.5051	3.33
GH	0	V	F	1.1061	0.0270	0.0379	0.2131	0.2534	0.6861	0.7450	3.85
GH	0	V	S	1.6349	0.0181	0.1444	0.2716	0.6912	0.9959	1.0301	3.86
GH	3	D	F	2.3641	0.0114	0.0787	0.3198	0.7516	1.1872	0.7485	4.33
GH	3	D	S	2.1394	0.0378	0.3417	0.4797	0.7120	0.7135	0.6510	4.54
GH	3	N	F	0.6770	0.0670	0.0639	0.0350	0.0346	0.0350	0.0257	6.18

Fortsetzung Tabelle 9: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Berti (Bos primigenius f. dom.) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

GH	3	N	S	0.2800	0.1151	0.1316	0.1043	0.0795	0.1013	0.0577	4.86
GH	3	V	F	0.5226	0.0698	0.0617	0.0774	0.0352	0.0950	0.0741	5.41
GH	3	V	S	7.1595	0.3035	0.4619	0.3764	0.3562	0.2705	0.3650	6.21
GH	6	D	F	3.5365	0.0223	0.2447	0.2447	0.6253	1.3572	1.3674	4.47
GH	6	D	S	1.3041	0.0135	0.0314	0.3240	0.4119	0.8946	0.6662	3.94
GH	6	N	F	0.3928	0.1091	0.0888	0.1410	0.1123	0.1132	0.0779	4.88
GH	6	N	S	0.1617	0.0438	0.0688	0.1817	0.1869	0.2437	0.1422	3.55
GH	6	V	F	2.1933	0.1332	0.2187	0.1564	0.1554	0.2467	0.2040	5.75
GH	6	V	S	0.5865	0.0731	0.0848	0.1345	0.1811	0.1780	0.1840	4.63
GH	12	D	F	2.8547	0.0522	0.1805	0.1013	0.2095	0.4214	0.4253	5.54
GH	12	D	S	0.2182	0.0254	0.0383	0.1447	0.0810	0.3086	0.1214	3.66
GH	12	N	F	0.8481	0.0389	0.0457	0.2045	0.1546	0.3799	0.1607	4.69
GH	12	N	S	0.1945	0.0681	0.0417	0.2382	0.1569	0.6306	0.2640	3.09
GH	12	V	F	0.8305	0.0325	0.0652	0.1283	0.0808	0.2839	0.1647	4.93
GH	12	V	S	1.0312	0.0362	0.1916	0.1570	0.3457	0.5295	0.4365	4.24
GH	24	D	F	2.5197	0.0170	0.0519	0.2333	0.4313	0.9390	0.5495	4.78
GH	24	D	S	0.5129	0.0072	0.0655	0.1241	0.3102	0.6770	0.3290	3.49
GH	24	N	F	1.2257	0.0081	0.0560	0.1849	0.2054	0.7254	0.4108	4.31
GH	24	N	S	0.2702	0.0226	0.0275	0.1814	0.2675	0.6190	0.2063	3.22
GH	24	V	F	1.1714	0.0074	0.0370	0.0807	0.2164	0.4086	0.5512	4.36
GH	24	V	S	1.0831	0.0138	0.0570	0.2174	0.4688	0.6599	0.8569	3.69
LH	0	D	F	1.5318	0.3199	0.3273	0.5901	0.3184	0.3310	0.1544	5.15
LH	0	D	S	0.8593	0.5750	1.0224	1.3858	1.1511	0.8888	0.6519	3.98
LH	0	N	F	2.2017	0.3157	0.4406	0.7969	0.4927	0.3909	0.3191	5.10
LH	0	N	S	1.0628	0.5733	1.4544	2.6848	1.7596	1.5398	0.8893	3.83
LH	0	V	F	0.3485	0.1620	0.1751	0.1000	0.1135	0.1892	0.1678	4.44
LH	0	V	S	0.5967	0.3151	0.6657	1.5391	1.4296	1.0068	0.6603	3.62
LH	3	D	F	6.0088	0.7452	0.8697	0.8081	0.5236	0.4834	0.4224	5.79
LH	3	D	S	1.9396	0.4590	1.2273	0.9771	0.8338	0.7719	0.7584	4.48
LH	3	N	F	0.4250	0.2891	0.1360	0.0790	0.0462	0.1138	0.0859	5.24
LH	3	N	S	0.3169	0.3002	0.2857	0.5610	0.6860	0.4752	0.5433	3.55
LH	3	V	F	0.2613	0.0884	0.0780	0.0697	0.0648	0.0963	0.1157	4.56
LH	3	V	S	0.5382	0.4732	1.3423	1.6673	1.5917	1.1088	1.0767	3.60
LH	6	D	F	5.0240	0.2944	0.7792	0.5934	0.6173	0.5477	0.6872	5.48
LH	6	D	S	2.1098	0.7329	1.0016	1.5281	1.1468	1.0134	0.7903	4.39
LH	6	N	F	1.0003	0.2964	0.2910	0.2283	0.1565	0.1979	0.2505	5.07
LH	6	N	S	0.5670	0.5107	0.6813	0.9267	0.8598	0.7199	0.5574	3.88
LH	6	V	F	0.6662	0.2282	0.1036	0.0906	0.0667	0.1811	0.1724	5.07

Fortsetzung Tabelle 9: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Berti (Bos primigenius f. dom.) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

LH	6	V	S	0.5623	0.5212	0.5521	1.0340	1.1692	0.8063	0.5334	3.79
LH	12	D	F	6.6404	0.5259	0.8038	0.8954	0.9791	0.8045	1.0499	5.37
LH	12	D	S	3.5970	0.7010	0.8966	1.8087	1.3347	1.0962	0.8305	4.69
LH	12	N	F	1.0368	0.2089	0.1344	0.1253	0.0722	0.0659	0.1540	5.67
LH	12	N	S	0.3614	0.6261	1.1253	1.5388	1.1464	0.9630	0.7661	3.71
LH	12	V	F	1.8589	0.0863	0.2043	0.2232	0.1909	0.2140	0.2181	5.56
LH	12	V	S	1.3202	0.5011	1.2123	1.2295	1.0158	0.8669	0.8114	4.14
LH	24	D	F	4.5392	0.0980	0.5072	0.8508	0.7848	0.5878	0.1874	5.56
LH	24	D	S	1.9296	0.0887	0.8830	1.8079	1.5199	1.1093	0.3084	4.29
LH	24	N	F	2.0963	0.1566	0.4612	0.5702	0.5165	0.4438	0.1490	5.19
LH	24	N	S	1.9084	0.4618	0.9773	2.2794	2.1824	1.4742	0.8353	4.00
LH	24	V	F	1.3432	0.1594	0.3083	0.4898	0.2378	0.2431	0.1665	5.16
LH	24	V	S	1.6923	0.5231	0.8442	1.8458	2.0655	0.5106	0.7053	4.22
GR	0	D	F	6.7637	0.0199	0.1131	0.5224	0.5066	0.7142	0.4936	5.86
GR	0	D	S	5.0034	0.8738	0.1611	0.6991	0.6076	0.6886	0.0094	5.85
GR	0	N	F	1.3436	0.0156	0.0375	0.1198	0.1516	0.1241	0.0686	5.88
GR	0	N	S	0.0728	0.0736	0.1234	0.3498	0.4333	0.5075	0.6632	2.67
GR	0	V	F	3.5607	0.0568	0.1058	0.3616	0.2709	0.3916	0.1179	5.95
GR	0	V	S	0.4066	0.0714	0.1350	0.3314	0.4844	0.4996	0.2546	3.66
GR	3	D	F	6.2845	0.0898	0.1600	0.5292	0.5000	0.6885	0.5396	5.79
GR	3	D	S	4.8900	0.0800	0.1749	0.3866	0.4854	0.6570	0.4975	5.63
GR	3	N	F	0.2672	0.0295	0.0226	0.0592	0.0988	0.1356	0.0446	4.58
GR	3	N	S	0.0452	0.0469	0.0713	0.1560	0.3051	0.2631	0.1278	3.10
GR	3	V	F	0.6645	0.0134	0.0231	0.0457	0.0940	0.1131	0.0910	5.39
GR	3	V	S	0.2744	0.1242	0.1662	0.2590	0.3478	0.4272	0.2002	3.69
GR	6	D	F	4.7954	0.0367	0.0814	0.1542	0.2094	0.3019	0.1157	6.35
GR	6	D	S	5.7140	0.0531	0.1546	0.2737	0.3278	0.4395	0.5015	5.97
GR	6	N	F	0.3093	0.0254	0.0043	0.0829	0.1129	0.1579	0.0625	4.49
GR	6	N	S	0.0692	0.0250	0.0544	0.1405	0.2320	0.2822	0.1938	2.93
GR	6	V	F	1.6745	0.0129	0.0537	0.2014	0.2329	0.2148	0.1652	5.54
GR	6	V	S	0.0890	0.0574	0.1502	0.2712	0.3459	0.2954	0.1998	3.29
GR	12	D	F	4.6834	0.0750	0.1338	0.2396	0.3748	0.4148	0.6684	5.69
GR	12	D	S	9.3641	0.0489	0.1831	0.3596	0.7290	0.7635	0.4159	6.10
GR	12	N	F	0.8345	0.0175	0.0424	0.1234	0.1962	0.1968	0.0887	5.15
GR	12	N	S	0.5210	0.0623	0.0840	0.1831	0.2489	0.3109	0.3841	3.86
GR	12	V	F	0.6550	0.0278	0.0564	0.0825	0.1188	0.1157	0.1739	4.98
GR	12	V	S	2.2028	0.1916	0.3432	0.5768	0.6713	0.5896	0.4459	4.83
GR	24	D	F	8.6952	0.0340	0.2783	1.5109	0.7242	0.8896	0.5803	5.75

Fortsetzung Tabelle 9: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Berti (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

GR	24	D	S	1.8598	0.0473	0.2209	0.7953	0.7860	0.5868	0.2455	4.70
GR	24	N	F	1.3598	0.0892	0.1791	0.3206	0.3995	0.3498	0.3694	4.73
GR	24	N	S	0.8866	0.1235	0.4002	0.6434	0.7646	0.7092	0.6361	3.81
GR	24	V	F	2.1857	0.0380	0.1064	0.5381	0.4257	0.5561	0.3440	4.99
GR	24	V	S	0.1148	0.2318	0.3458	0.7025	0.7093	0.7922	0.3627	3.32

Tabelle 10: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Goliat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	VA	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
GH	0	D	F	5.9650	0.0258	0.2214	0.4676	0.9364	1.8399	1.6095	4.79
GH	0	D	S	1.3624	0.0086	0.0644	0.2100	0.3400	0.6618	0.5141	4.30
GH	0	N	F	0.4776	0.0070	0.0364	0.1735	0.1415	0.4226	0.2051	3.92
GH	0	N	S	0.1778	0.0335	0.0562	0.2149	0.2590	0.5601	0.7524	2.55
GH	0	V	F	0.6176	0.0078	0.0666	0.1235	0.3112	0.5325	0.4208	3.66
GH	0	V	S	0.5979	0.0164	0.1369	0.3067	0.5902	0.9494	0.4948	3.35
GH	3	D	F	3.9079	0.0149	0.2581	0.3941	0.6021	1.6986	1.0883	4.60
GH	3	D	S	1.3192	0.0138	0.0827	0.1705	0.2726	0.6810	0.3694	4.46
GH	3	N	F	0.6791	0.0372	0.0653	0.0708	0.0379	0.0742	0.1145	5.53
GH	3	N	S	0.1754	0.0485	0.0758	0.1024	0.1033	0.2445	0.1800	3.53
GH	3	V	F	0.3784	0.0439	0.0115	0.0439	0.0351	0.0408	0.0547	5.57
GH	3	V	S	7.2273	0.2581	0.3549	0.2331	0.2930	0.1588	0.1887	6.45
GH	6	D	F	4.2897	0.0616	0.1791	0.3678	0.5437	1.0554	0.7662	5.13
GH	6	D	S	1.6759	0.0318	0.1184	0.1886	0.3221	0.8293	0.2342	4.74
GH	6	N	F	0.2740	0.0348	0.0275	0.0359	0.0250	0.0526	0.0480	5.30
GH	6	N	S	0.5196	0.0387	0.0611	0.2259	0.2994	0.3730	0.4836	3.60
GH	6	V	F	2.1893	0.0625	0.1304	0.1924	0.1884	0.3489	0.2455	5.55
GH	6	V	S	0.5873	0.0768	0.0953	0.2872	0.1825	0.4868	0.1524	4.21
GH	12	D	F	2.1228	0.0526	0.1649	0.2341	0.4020	0.4732	0.4967	4.96
GH	12	D	S	0.5504	0.0491	0.0864	0.2841	0.3685	0.3244	0.2831	3.98
GH	12	N	F	0.3553	0.0134	0.0370	0.0549	0.0759	0.1959	0.0832	4.51
GH	12	N	S	0.2181	0.0451	0.0726	0.1580	0.2027	0.5431	0.2795	3.14
GH	12	V	F	0.7898	0.0328	0.0483	0.1099	0.1429	0.2870	0.2240	4.67
GH	12	V	S	0.7977	0.0546	0.0692	0.2379	0.3393	0.7533	0.4624	3.76
GH	24	D	F	1.6245	0.0062	0.0418	0.1103	0.2904	0.6780	0.5184	4.53
GH	24	D	S	0.9177	0.0107	0.0310	0.1273	0.2781	0.5177	0.4798	4.02
GH	24	N	F	0.6420	0.0063	0.0195	0.1396	0.2493	0.4561	0.3060	3.93
GH	24	N	S	0.3973	0.0207	0.0631	0.2563	0.1807	0.7794	0.4447	3.17

Fortsetzung Tabelle 10: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Goliat (Bos primigenius f. dom.) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

GH	24	V	F	1.0987	0.0029	0.0271	0.1458	0.2648	0.6656	0.3819	4.23
GH	24	V	S	0.4903	0.0059	0.0730	0.2583	0.3342	0.8196	0.4569	3.27
LH	0	D	F	6.5307	0.6829	1.3141	2.4309	2.0628	1.3314	0.9948	4.95
LH	0	D	S	4.0003	0.8954	2.4746	2.9911	2.4663	1.6933	1.0500	4.47
LH	0	N	F	0.6388	0.3347	0.2157	0.1631	0.1039	0.1141	0.0780	5.36
LH	0	N	S	2.9157	1.2062	2.3421	1.9213	2.1366	1.8420	1.4231	4.25
LH	0	V	F	0.7092	0.2130	0.1590	0.1705	0.1058	0.1197	0.0942	5.33
LH	0	V	S	1.4007	0.5702	1.0582	2.1853	1.7537	1.0372	0.8753	3.99
LH	3	D	F	2.0719	0.1999	0.4188	0.5698	0.5230	0.5329	0.2486	5.03
LH	3	D	S	4.1379	0.5197	1.3784	3.0964	2.0988	1.3311	0.8123	4.57
LH	3	N	F	0.4732	0.1714	0.1505	0.0891	0.0651	0.1936	0.1663	4.73
LH	3	N	S	0.8379	0.4041	0.5269	0.9611	0.9832	0.6054	0.7662	3.87
LH	3	V	F	1.1236	0.1616	0.1613	0.1338	0.0981	0.1578	0.2116	5.37
LH	3	V	S	1.1259	0.5392	1.4180	1.4900	1.4388	1.1861	1.4124	3.75
LH	6	D	F	3.7710	0.5951	0.5640	0.9105	0.6306	0.5516	0.6906	5.20
LH	6	D	S	5.4592	0.7485	2.0296	2.0158	2.0304	1.3344	1.2539	4.77
LH	6	N	F	1.4064	0.3380	0.2764	0.2842	0.1631	0.1912	0.1644	5.46
LH	6	N	S	0.6924	0.6430	0.6474	1.0818	1.1827	0.8352	0.7371	3.82
LH	6	V	F	1.4182	0.1467	0.2105	0.1640	0.1088	0.1566	0.1569	5.64
LH	6	V	S	0.8682	0.3470	0.8275	1.3236	1.2258	0.9204	0.8879	3.75
LH	12	D	F	2.3498	0.2376	0.5625	0.7931	0.7569	0.4858	0.4311	4.90
LH	12	D	S	9.8333	1.0332	2.5451	2.4127	2.2648	1.6960	1.4939	5.13
LH	12	N	F	0.9156	0.1844	0.1489	0.0958	0.0596	0.0966	0.1137	5.65
LH	12	N	S	1.9134	0.5926	1.0382	1.4696	1.6224	1.1303	1.2690	4.03
LH	12	V	F	1.5250	0.2734	0.3087	0.2329	0.1455	0.2119	0.2498	5.40
LH	12	V	S	2.2217	0.5480	1.2560	1.4445	1.4219	1.0983	1.2042	4.19
LH	24	D	F	1.5367	0.1167	0.2044	0.2636	0.2409	0.2151	0.1758	5.40
LH	24	D	S	1.4068	0.4020	1.0452	1.5320	1.3916	0.9913	0.9321	3.99
LH	24	N	F	0.4389	0.2654	0.1087	0.0968	0.0523	0.0704	0.0449	5.51
LH	24	N	S	2.7959	0.3572	1.0032	1.9398	1.9657	1.7635	0.3301	4.36
LH	24	V	F	0.9345	0.1436	0.2206	0.1936	0.1496	0.1519	0.0792	5.40
LH	24	V	S	2.8021	0.2211	1.3768	2.1520	1.9260	1.5328	1.3143	4.11
GR	0	D	F	6.6052	0.0430	0.2238	0.6324	0.5068	0.4864	0.2064	6.07
GR	0	D	S	0.1597	0.1132	0.4049	0.9050	0.9296	0.6026	0.3246	3.42
GR	0	N	F	2.1528	0.0255	0.0660	0.2072	0.2777	0.1740	0.0000	6.05
GR	0	N	S	0.0630	0.1370	0.5154	0.8708	0.7858	0.6560	0.3122	3.38
GR	0	V	F	0.9074	0.0456	0.0815	0.1697	0.1405	0.1599	0.0781	5.39
GR	0	V	S	0.0486	0.1544	0.2608	0.5934	0.5570	0.5216	0.0990	3.47

Fortsetzung Tabelle 10: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Goliat (Bos primigenius f. dom.) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

GR	3	D	F	2.3354	0.0555	0.1474	0.4500	0.5118	0.5505	0.3528	5.04
GR	3	D	S	4.0624	0.0327	0.2108	0.7939	0.8788	0.6720	0.4257	5.27
GR	3	N	F	0.4220	0.0144	0.0259	0.0822	0.1578	0.1970	0.0010	4.85
GR	3	N	S	0.0314	0.1166	0.2371	0.3283	0.3386	0.4314	0.1971	3.27
GR	3	V	F	0.5227	0.0118	0.0355	0.0635	0.0925	0.1469	0.0252	5.30
GR	3	V	S	0.0481	0.0759	0.1668	0.3705	0.3528	0.2879	0.3376	3.10
GR	6	D	F	4.3087	0.0507	0.1779	0.5850	0.5791	0.5878	0.4658	5.49
GR	6	D	S	1.5089	0.0399	0.1211	0.3065	0.2370	0.1370	0.0657	5.66
GR	6	N	F	0.5952	0.0586	0.0718	0.1715	0.1926	0.1540	0.0415	5.05
GR	6	N	S	0.0652	0.0681	0.1414	0.3764	0.3587	0.3335	0.4290	2.96
GR	6	V	F	0.7547	0.0211	0.0444	0.1380	0.1555	0.1817	0.0077	5.39
GR	6	V	S	0.2920	0.0607	0.1933	0.5143	0.4898	0.3856	0.0252	3.93
GR	12	D	F	3.9994	0.0323	0.1380	0.5241	0.5759	0.5520	0.3880	5.51
GR	12	D	S	8.9180	0.1720	0.7246	0.9232	1.4590	0.9880	0.8720	5.55
GR	12	N	F	0.2976	0.0208	0.0266	0.0730	0.1126	0.1530	0.0854	4.37
GR	12	N	S	1.0608	0.1533	0.2793	0.6100	0.5070	0.4837	0.4622	4.26
GR	12	V	F	1.2906	0.0311	0.1040	0.3368	0.2805	0.2876	0.1507	5.10
GR	12	V	S	1.0326	0.0884	0.3277	0.5750	0.5219	0.4765	0.5176	4.16
GR	24	D	F	10.2993	0.0254	0.0769	0.5023	0.6845	0.7412	0.3051	6.21
GR	24	D	S	0.5021	0.0202	0.0630	0.2755	0.3331	0.4017	0.0292	4.24
GR	24	N	F	1.4100	0.0103	0.0524	0.2385	0.2831	0.2762	0.1938	5.17
GR	24	N	S	0.0255	0.0238	0.0809	0.2414	0.3264	0.5444	0.8640	2.19
GR	24	V	F	2.3463	0.0606	0.1240	0.3669	0.3460	0.4474	0.4442	5.14
GR	24	V	S	0.0623	0.0985	0.2273	0.4935	0.6788	0.5227	0.0348	3.43

Tabelle 11: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Granat (Bos primigenius f. dom.) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	VA	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
GH	0	D	F	2.9451	0.0115	0.2773	0.6284	1.1707	1.3875	0.8173	4.38
GH	0	D	S	0.5744	0.0089	0.0464	0.3275	0.4272	1.2459	0.4892	3.17
GH	0	N	F	1.9418	0.0334	0.2090	0.2024	0.3331	0.9086	0.8490	4.31
GH	0	N	S	0.4909	0.0264	0.1002	0.2849	0.5079	1.1065	0.5870	3.08
GH	0	V	F	1.3309	0.0165	0.0970	0.3562	0.4185	1.5246	0.3251	3.92
GH	0	V	S	0.8087	0.0046	0.1161	0.3193	0.6698	1.0595	1.0226	3.17
GH	3	D	F	2.3142	0.1188	0.2835	0.4340	0.7124	0.8604	0.3908	4.75
GH	3	D	S	3.4830	0.1084	0.2090	0.3774	0.6792	0.8336	0.6613	5.03
GH	3	N	F	0.3442	0.0670	0.0586	0.0385	0.0361	0.0705	0.0723	5.21

Fortsetzung Tabelle 11: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Granat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

GH	3	N	S	0.1613	0.0915	0.0716	0.0820	0.0607	0.0767	0.0752	4.48
GH	3	V	F	1.1251	0.0432	0.0569	0.1567	0.1498	0.3634	0.1099	5.15
GH	3	V	S	5.0410	0.1759	0.4425	0.3771	0.3967	0.9724	0.4945	5.53
GH	6	D	F	3.3024	0.0588	0.1310	0.3157	0.3088	0.6839	0.4589	5.35
GH	6	D	S	2.2136	0.1061	0.1938	0.2996	0.6523	0.6266	0.2530	5.01
GH	6	N	F	1.0106	0.1179	0.1410	0.1668	0.1897	0.2341	0.1041	5.24
GH	6	N	S	0.4418	0.1096	0.1150	0.1899	0.2435	0.2238	0.2336	4.17
GH	6	V	F	2.7123	0.2098	0.3076	0.2188	0.1899	0.4036	0.1798	5.74
GH	6	V	S	1.0532	0.1674	0.2015	0.2825	0.1966	0.3224	0.1427	5.03
GH	12	D	F	2.6998	0.0842	0.1723	0.2412	0.2550	0.5029	0.3291	5.45
GH	12	D	S	0.2238	0.0569	0.0387	0.0778	0.1155	0.1393	0.1275	4.06
GH	12	N	F	0.7405	0.0911	0.1112	0.0970	0.0971	0.1805	0.1377	5.13
GH	12	N	S	0.1216	0.0556	0.0710	0.1409	0.3195	0.3396	0.1723	3.21
GH	12	V	F	0.3252	0.0391	0.0623	0.0937	0.0553	0.2349	0.1718	4.08
GH	12	V	S	0.9456	0.0336	0.0994	0.1794	0.1523	0.3741	0.2170	4.73
GH	24	D	F	1.1544	0.0062	0.0415	0.1438	0.2803	0.4886	0.3674	4.47
GH	24	D	S	0.9637	0.0086	0.0623	0.1538	0.1940	0.8746	0.2991	4.05
GH	24	N	F	1.3061	0.0251	0.1269	0.1432	0.1876	0.4802	0.4244	4.62
GH	24	N	S	0.4190	0.0665	0.0711	0.2489	0.3777	0.7735	0.4422	3.25
GH	24	V	F	0.4665	0.0090	0.0358	0.0731	0.1967	0.3184	0.1846	4.05
GH	24	V	S	0.7618	0.0129	0.0855	0.2486	0.7292	1.0666	0.3717	3.52
LH	0	D	F	5.4322	0.8355	0.7957	1.2083	0.8395	0.9080	0.7494	5.29
LH	0	D	S	2.3803	0.4936	1.9086	2.3286	2.2500	1.3270	1.2057	4.13
LH	0	N	F	1.3349	0.7451	0.4393	0.6257	0.6190	0.6091	0.3494	4.65
LH	0	N	S	1.3021	0.6548	1.1026	2.4331	2.1429	1.4212	0.7642	3.90
LH	0	V	F	2.5722	0.2140	0.3849	0.5296	0.3265	0.3249	0.3310	5.40
LH	0	V	S	2.0158	0.8681	2.0875	2.2541	2.1845	1.5830	1.4405	4.02
LH	3	D	F	3.7956	0.4332	0.4966	0.8005	0.5036	0.4434	0.4271	5.46
LH	3	D	S	1.5234	0.7432	1.0492	1.3829	1.2656	0.8896	0.6606	4.28
LH	3	N	F	0.2129	0.1584	0.1466	0.0734	0.0507	0.2093	0.2075	4.01
LH	3	N	S	0.1505	0.1670	0.3048	0.6748	0.6922	0.5358	0.6652	3.16
LH	3	V	F	0.4131	0.1882	0.1587	0.0924	0.0625	0.0940	0.1340	4.98
LH	3	V	S	0.3086	0.3957	0.4963	1.1044	1.1713	1.0228	0.3759	3.56
LH	6	D	F	5.2086	1.0380	1.6406	1.1081	0.9364	1.0076	0.9704	5.13
LH	6	D	S	2.0018	1.1877	1.1779	2.0978	1.7415	1.0906	1.1022	4.22
LH	6	N	F	1.8474	0.3871	0.3776	0.4788	0.2643	0.2796	0.3346	5.23
LH	6	N	S	0.5041	0.8793	1.2420	1.7796	1.2944	1.4190	0.7791	3.75
LH	6	V	F	1.9772	0.3240	0.3885	0.3108	0.2125	0.2050	0.2780	5.49

Fortsetzung Tabelle 11: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Granat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

LH	6	V	S	1.2340	0.6046	0.8110	2.3579	1.6725	1.2280	0.8509	3.89
LH	12	D	F	4.5486	0.4562	0.6981	1.1492	0.8663	0.8298	0.4267	5.28
LH	12	D	S	1.6519	1.8698	2.5918	2.4302	1.9029	1.3348	1.1943	4.24
LH	12	N	F	2.2752	0.3215	0.4550	0.4175	0.2789	0.2652	0.3406	5.40
LH	12	N	S	1.4460	0.3650	1.0268	1.7844	1.4567	1.1905	1.0268	3.90
LH	12	V	F	1.2360	0.2668	0.2904	0.2716	0.1588	0.1612	0.0911	5.53
LH	12	V	S	1.2645	0.3818	1.1219	1.8329	1.5026	1.3146	0.6099	3.96
LH	24	D	F	7.8394	0.1912	1.0353	1.4171	1.3538	0.9252	0.1452	5.65
LH	24	D	S	0.9016	0.4701	0.9272	2.6077	1.8113	1.5930	0.7549	3.70
LH	24	N	F	1.5464	0.3361	0.4103	0.4008	0.2390	0.1846	0.1277	5.46
LH	24	N	S	1.6237	0.2278	0.9556	1.9020	1.6739	1.6837	0.3824	4.01
LH	24	V	F	1.1070	0.2803	0.2704	0.3949	0.2035	0.2198	0.1557	5.16
LH	24	V	S	1.4342	0.4108	1.3336	3.0523	2.7936	1.6178	0.5757	3.88
GR	0	D	F	5.0188	0.0202	0.1183	0.4388	0.5060	0.4815	0.3473	5.83
GR	0	D	S	0.1154	0.1037	0.1989	0.6676	0.9438	0.8245	0.4925	3.01
GR	0	N	F	1.2923	0.0192	0.1002	0.3227	0.4449	0.3149	0.0297	5.13
GR	0	N	S	0.0669	0.1379	0.1290	0.6260	0.8274	0.9616	0.7802	2.73
GR	0	V	F	0.7841	0.0293	0.0994	0.2637	0.2505	0.1841	0.0090	5.15
GR	0	V	S	0.0526	0.0415	0.1298	0.5857	0.5440	0.8152	0.0050	3.16
GR	3	D	F	2.1120	0.0506	0.0799	0.1853	0.2535	0.2487	0.2201	5.62
GR	3	D	S	5.3946	0.1408	0.1675	0.3761	0.5235	0.5112	0.2024	5.98
GR	3	N	F	0.1715	0.0353	0.0356	0.1081	0.1226	0.1758	0.1612	3.58
GR	3	N	S	0.0064	0.0271	0.0301	0.1267	0.1780	0.3429	0.2349	2.45
GR	3	V	F	0.4634	0.0271	0.0558	0.1114	0.1545	0.0972	0.0582	5.01
GR	3	V	S	1.4989	0.1473	0.4021	0.5218	0.6937	0.7659	0.6825	4.20
GR	6	D	F	3.1191	0.0495	0.1140	0.3344	0.4867	0.4403	0.2762	5.53
GR	6	D	S	5.2112	0.0657	0.1934	0.5385	0.5017	0.6168	0.3388	5.77
GRs	6	N	F	1.2635	0.0061	0.0561	0.1575	0.2118	0.1605	0.1293	5.48
GR	6	N	S	1.3773	0.0147	0.0570	0.1586	0.2440	0.2834	0.0004	5.60
GR	6	V	F	0.6907	0.0232	0.0585	0.1674	0.2168	0.1919	0.1946	4.64
GR	6	V	S	0.0134	0.0398	0.0646	0.1783	0.2626	0.3036	0.3691	2.54
GR	12	D	F	5.6000	0.0287	0.1163	0.2240	0.5262	0.5206	0.2264	6.03
GR	12	D	S	7.1410	0.0678	0.1521	0.7711	0.8331	1.1677	0.2372	5.72
GR	12	N	F	1.3819	0.0280	0.0432	0.1154	0.1998	0.2326	0.1970	5.36
GR	12	N	S	0.6916	0.0595	0.1246	0.4048	0.4650	0.5441	0.6566	3.59
GR	12	V	F	1.6986	0.0259	0.1265	0.2296	0.3720	0.3826	0.1746	5.20
GR	12	V	S	0.3798	0.0430	0.1895	0.3766	0.3864	0.4939	0.4464	3.44
GR	24	D	F	3.9688	0.0021	0.0689	0.4949	0.7308	0.5924	0.3118	5.48

Fortsetzung Tabelle 11: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Ochsen Granat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

GR	24	D	S	0.0799	0.0533	0.1272	0.5355	0.7850	0.6149	0.5170	2.86
GR	24	N	F	3.5967	0.0579	0.2111	0.5049	0.5570	0.3919	0.0360	5.81
GR	24	N	S	0.0455	0.0562	0.1328	0.5493	0.7145	0.6206	0.3245	2.96
GR	24	V	F	4.2024	0.1057	0.1853	0.5347	0.5250	0.6359	0.6948	5.33
GR	24	V	S	0.1318	0.0533	0.1740	0.5878	0.7658	0.8251	0.6467	2.84

Tabelle 12: Trockensubstanzgehalt (TS) und Viskosität vom Pansensaft vom Ochsen Berti (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	TS %	Viskosität(cp)
GH	0	1.47	1.368
GH	1	1.62	1.356
GH	2	1.87	1.386
GH	3	1.32	1.386
GH	6	1.45	1.356
GH	12	1.56	1.368
GH	24	1.46	1.548
LH	0	1.23	1.440
LH	1	2.24	1.440
LH	2	1.68	1.368
LH	3	1.75	1.368
LH	6	1.67	1.370
LH	12	1.17	1.386
LH	24	1.02	1.368
GR	0	1.31	1.378
GR	1	1.40	1.428
GR	2	1.41	1.422
GR	3	1.27	1.392
GR	6	1.31	1.368
GR	12	0.81	1.374
GR	24	1.22	1.380

Tabelle 13: Trockensubstanzgehalt (TS) und Viskosität vom Pansensaft vom Ochsen Goliat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	TS %	Viskosität(cp)
GH	0	1.55	1.584
GH	1	1.64	1.548
GH	2	1.64	1.368
GH	3	1.56	1.368

Fortsetzung Tabelle 13: Trockensubstanzgehalt (TS) und Viskosität vom Pansensaft vom Ochsen Goliat (Bos primigenius f. dom.) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

GH	6	1.35	1.374
GH	12	1.57	1.374
GH	24	1.52	1.554
LH	0	1.08	1.728
LH	1	1.47	1.410
LH	2	1.88	1.392
LH	3	1.50	1.380
LH	6	1.23	1.374
LH	12	1.39	1.434
LH	24	1.21	1.530
GR	0	1.29	1.368
GR	1	1.26	1.410
GR	2	1.09	1.380
GR	3	1.23	1.422
GR	6	1.23	1.368
GR	12	1.15	1.386
GR	24	1.16	1.356

Tabelle 14: Trockensubstanzgehalt (TS) und Viskosität vom Pansensaft vom Ochsen Granat (Bos primigenius f. dom.) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

Nahrung	Zeit	TS %	Viskosität(cp)
GH	0	1.43	1.374
GH	1	1.36	1.374
GH	2	1.84	1.392
GH	3	1.64	1.380
GH	6	1.56	1.386
GH	12	1.49	1.368
GH	24	1.53	1.506
LH	0	1.25	1.542
LH	1	1.77	1.500
LH	2	1.51	1.434
LH	3	1.36	1.380
LH	6	1.33	1.362
LH	12	0.89	1.386
LH	24	1.15	1.410
GR	0	1.24	1.380
GR	1	1.23	1.452
GR	2	1.29	1.386
GR	3	1.27	1.380

Fortsetzung Tabelle 14: Trockensubstanzgehalt (TS) und Viskosität vom Pansensaft vom Ochsen Granat (*Bos primigenius f. dom.*) nach der Fütterung von Gras (GR), Grasheu (GH) oder Luzerneheu (LH).

GR	6	1.18	1.398
GR	12	1.24	1.356
GR	24	1.24	1.446

Tabelle 15: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte bei der Mendesantilope (*Addax nasomaculatus*) nach der Fütterung von Rauhfutter (RF) oder Kraftfutter (KF).

Nr.	Nahrung	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.	Omas.
1	KF	13.5	23.5	14.2	15.7
2	KF	17.0	24.5	13.6	16.0
3	KF	14.4	21.1	21.1	19.5
4	KF	8.3	11.2	11.4	20.4
5	KF	10.8	12.1	11.3	17.8
6	KF	9.6	4.7	9.8	17.4
7	RF	11.7	9.8	11.4	16.8
8	RF	12.8	5.2	7.5	17.6
9	RF	12.5	8.4	9.2	17.8
10	RF	10.9	6.5	7.3	19.5
11	RF	12.5	10.4	10.0	17.0
12	RF	12.6	9.5	10.4	19.0

Tabelle 16: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte beim Bison (*Bison bison*).

Nr.	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.	Omas.
1	14.9	8.2	15.0	15.8
2	13.0	7.3	9.7	17.7
3	12.9	6.8	8.1	17.6
4	11.7	5.2	6.1	16.3
5	12.7	11.3	7.5	16.4
6	14.5	9.7	14.7	15.3
7	13.0	8.2	8.0	14.7
8	12.5	8.2	15.0	19.3
9	13.4	10.6	11.0	16.7
10	13.0	6.0	5.8	16.1

Tabelle 17: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte beim Rotwild (*Cervus elaphus*).

Nr.	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.	Omas.
1	13.1	13.3	9.4	16.4
2	15.6	13.3	11.2	17.8
3	15.0	14.7	10.3	18.3
4	15.8	14.8	10.9	15.3
5	13.7	13.2	10.7	16.3

Fortsetzung Tabelle 17: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte beim Rotwild (Cervus elaphus).

6	13.4	12.2	11.2	12.9
7	15.4	15.0	14.2	18.5
8	14.0	13.7	12.8	19.5
9	15.8	15.9	10.7	16.1
10	15.8	13.0	11.0	17.3
11	14.5	12.1	10.3	16.9
12	15.3	15.1	11.8	19.4
13	15.2	14.2	12.2	17.0
14	13.8	12.9	12.3	17.9
15	17.0	16.0	11.7	16.8
16	14.4	12.2	12.4	16.6
17	15.1	14.4	12.3	16.7
18	14.8	13.0	12.9	16.4

Tabelle 18: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte beim Elch (Alces alces).

Nr.	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.	Omas.
1	12.2	14.0	9.7	24.5
2	16.3	17.3	14.8	18.8
3	17.6	18.1	17.2	23.4
4	16.3	16.4	16.4	20.4
5	13.4	11.8	12.3	19.2
6	12.5	13.4	12.3	19.5
7	18.0	20.8	18.9	21.2
8	56.2	18.6	15.7	19.8
9	11.8	11.2	13.5	18.3
10	14.1	12.9	10.4	22.4
11	17.6	14.8	15.5	21.0
12	12.4	12.0	9.4	
13	17.4	17.8	15.9	24.2
14	13.1	12.3	12.5	21.5
15	15.1	13.7	7.3	22.4
16	24.2	21.6	17.6	22.7
17	13.6	13.1	12.3	21.5
18	13.4	15.4	11.4	21.8

Tabelle 19: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte beim Mufflon (Ovis ammon musimon).

Nr.	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.	Omas.
1	19.5	18.1	16.0	22.6
2	17.1	16.0	16.0	23.8

Fortsetzung Tabelle 19: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte beim Mufflon (Ovis ammon musimon).

3	14.7	14.5	14.1	19.9
4	16.8	17.5	12.3	19.3
5	15.2	13.2	14.6	19.8
6	16.6	16.5	14.1	20.4
7	18.1	16.8	18.0	23.8
8	15.9	14.6	13.9	21.2
9	19.0	17.9	17.9	23.9
10	18.9	16.4	14.3	23.2
11	18.5	13.3	15.3	21.8
12	17.4	16.6	14.9	20.6
13	17.4	14.3	13.5	22.0
14	16.5	16.3	14.1	19.4
15	14.3	13.5	12.5	18.5
16	16.7	16.1	14.3	21.0
17	14.0	16.8	16.1	26.0
18	14.6	14.5	12.9	20.1
19	16.3	17.0	15.4	22.0

Tabelle 20: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte beim Reh (Capreolus capreolus).

Nr.	Rum. dors.	Rum. ventr.	Ret.	Omas.
1	10.2	10.4	10.0	20.9
2	11.7	11.8	11.5	18.0
3	12.8	12.6	11.7	24.5
4	10.0	9.6	9.5	13.8
5	13.2	13.8	12.5	17.6
6	13.3	14.2	11.6	18.1
7	11.4	11.8	11.4	16.3
8	12.2	12.7	11.4	16.6
9	16.6	16.5	16.4	21.5
10	12.3	12.3	11.3	14.2
11	14.1	14.1	12.6	19.4
12	12.3	12.4	12.1	17.5
13	13.1	13.3	12.2	17.0
14	14.7	14.4	14.8	17.1
15	13.6	12.9	11.7	15.8
16	14.0	13.0	11.4	15.7
17	13.2	14.1	13.0	17.7
18	13.2	13.5	13.0	17.3
19	13.7	13.6	13.2	18.0
20	12.8	13.6	11.6	16.3

Fortsetzung Tabelle 20: TS-Gehalt (in %) des Verdauungsmaterials der verschiedenen Vormagenabschnitte beim Reh (*Capreolus capreolus*).

21	12.6	12.7	12.8	15.5
22	12.7	13.5	11.5	15.1
23	13.1	13.3	12.7	18.8

Tabelle 21: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) bei der Mendesantilope (*Addax nasomaculatus*).

Nr.	VA	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
7	B	F	0.0000	0.0031	0.0155	0.0112	0.0082	0.0077	0.0109	3.39
7	B	S	0.0000	0.0144	0.0438	0.2705	1.2399	1.3658	1.6570	2.07
7	D	F	0.4730	0.0920	0.1017	0.0541	0.0286	0.0319	0.0305	5.87
7	D	S	0.1616	0.1262	0.2856	0.4973	0.7333	0.7167	0.5794	3.07
7	N	F	0.8617	0.1412	0.1337	0.0806	0.0455	0.0472	0.0583	5.96
7	N	S	0.1818	0.1549	0.3202	0.7372	0.6666	0.7914	0.4508	3.27
7	V	F	0.2956	0.0666	0.0538	0.0410	0.0402	0.0429	0.0320	5.49
7	V	S	0.3450	0.1398	0.3707	0.6539	1.0997	1.2509	0.9037	3.03
8	B	F	0.0040	0.0137	0.0249	0.0163	0.0102	0.0088	0.0063	4.21
8	B	S	0.0021	0.0077	0.0329	0.2327	0.9553	1.2323	0.5888	2.32
8	D	F	0.7654	0.2365	0.0717	0.0334	0.0249	0.0229	0.0284	6.27
8	D	S	0.7600	0.1200	0.2546	0.3261	0.4608	0.5077	0.4406	3.99
8	N	F	0.7594	0.1203	0.0556	0.0513	0.0324	0.0391	0.0296	6.18
8	N	S	0.1556	0.1115	0.2688	0.1924	0.3148	0.4176	0.2600	3.44
8	V	F	0.4211	0.1212	0.0802	0.0575	0.0268	0.0187	0.0198	5.96
8	V	S	0.1684	0.1282	0.1658	0.3553	0.5791	0.6005	0.4209	3.13
9	B	F	0.0149	0.0170	0.0193	0.0172	0.0089	0.0098	0.0105	4.39
9	B	S	0.0317	0.0482	0.2934	0.3503	0.9728	1.7261	1.8973	2.19
9	D	F	1.2906	0.3399	0.1543	0.1031	0.0571	0.0499	0.0494	6.15
9	D	S	1.2937	0.1666	0.2401	0.7724	1.3375	0.9886	1.1341	3.62
9	N	F	1.1947	0.2239	0.1412	0.1528	0.1318	0.1227	0.0936	5.71
9	N	S	1.1415	0.1579	0.4491	0.7598	1.2688	0.6973	1.1940	3.64
9	V	F	0.7899	0.1050	0.0789	0.0673	0.0374	0.0389	0.0386	6.10
9	V	S	0.6261	0.1657	0.2184	0.7099	1.7443	0.6675	0.8504	3.36
10	B	F	0.1324	0.1001	0.0850	0.0557	0.0557	0.0647	0.0751	4.48
10	B	S	0.0711	0.1806	0.6510	0.5214	1.7347	1.6395	1.9948	2.56
10	D	F	2.2348	0.1248	0.1352	0.1312	0.1946	0.1204	0.1239	6.05
10	D	S	0.6849	0.1912	0.2733	0.7266	0.8083	0.7000	0.6266	3.66
10	N	F	1.7974	0.2581	0.1175	0.1208	0.1218	0.0974	0.0932	6.08
10	N	S	0.4924	0.1528	0.2430	0.5095	0.7940	0.4909	0.7949	3.39
10	V	F	0.7893	0.2139	0.0923	0.0593	0.0499	0.0517	0.0483	5.98
10	V	S	0.5382	0.3116	0.2866	0.8456	1.1510	0.8365	1.1853	3.25

Fortsetzung Tabelle 21: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) bei der Mendesantilope (Addax nasomaculatus).

11	B	F	0.0201	0.0277	0.0228	0.0246	0.0116	0.0117	0.0066	4.67
11	B	S	0.0015	0.0505	0.1188	0.4121	2.3637	0.9416	1.4545	2.43
11	D	F	0.8852	0.2131	0.1137	0.0825	0.0539	0.0623	0.0669	5.91
11	D	S	0.4078	0.2732	0.3832	0.8033	1.0616	1.4762	0.5850	3.28
11	N	F	0.6262	0.3780	0.0973	0.0649	0.0635	0.0592	0.0680	5.73
11	N	S	0.3770	0.2485	0.4645	0.7167	1.3761	1.1274	1.1647	3.08
11	V	F	1.0852	0.1650	0.1368	0.0824	0.0632	0.0745	0.0724	5.96
11	V	S	0.2234	0.2664	0.3104	1.0211	1.4821	1.2984	0.5795	3.17
12	B	F	0.0596	0.0624	0.0419	0.0331	0.0219	0.0339	0.0315	4.57
12	B	S	0.0212	0.1471	0.2492	0.3061	1.1906	0.8507	1.2883	2.48
12	D	F	1.1220	0.1484	0.0923	0.0914	0.0618	0.0491	0.0572	6.11
12	D	S	1.1369	0.2088	0.7052	0.3224	0.6578	0.8898	0.9682	3.83
12	N	F	0.9720	0.2216	0.1265	0.1027	0.0660	0.0733	0.0631	5.90
12	N	S	0.9758	0.1549	0.3567	0.4489	0.5932	0.9586	0.4896	3.90
12	V	F	0.8158	0.2610	0.1136	0.0919	0.0689	0.0531	0.0517	5.89
12	V	S	1.3015	0.1943	0.7358	0.2920	0.7064	1.1240	1.2632	3.69

Tabelle 22: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Bison (Bison bison).

Nr.	VA	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
1	B	F	1.8685	0.3265	0.3339	0.9358	0.8582	0.8853	0.5940	4.38
1	B	S	1.1689	0.0478	0.1139	0.2008	0.3301	0.3066	0.0944	5.10
1	D	F	2.0952	0.0702	0.1602	0.1033	0.0977	0.1604	0.1243	6.06
1	D	S	4.8805	0.3509	0.9029	0.7480	0.7663	0.8394	0.5052	5.37
1	N	F	1.8617	0.1026	0.1380	0.1881	0.1364	0.1796	0.1466	5.81
1	N	S	5.5406	0.7060	1.0039	0.7112	0.9084	0.9827	0.5705	5.39
1	V	F	2.4356	0.1666	0.3171	0.2005	0.2246	0.2176	0.1743	5.81
1	V	S	4.0442	0.3160	0.4003	1.1217	1.3767	0.5856	0.3332	5.18
2	B	F	0.9171	0.0620	0.1606	0.2554	0.4128	0.6257	0.4290	4.03
2	B	S	1.2168	0.0568	0.3139	0.5440	0.9873	0.7940	0.8486	3.78
2	D	F	0.0901	0.0619	0.0449	0.0256	0.0231	0.0354	0.0184	4.97
2	D	S	3.4613	0.0238	0.1226	0.4581	0.6161	0.6542	0.4924	5.23
2	N	F	0.3330	0.0561	0.0592	0.0245	0.0229	0.0589	0.0247	5.65
2	N	S	1.5987	0.1338	0.5997	0.6293	1.0632	0.6974	0.4796	4.34
2	V	F	0.1229	0.0668	0.0772	0.0500	0.0751	0.0443	0.0424	4.60
2	V	S	1.2466	0.2010	0.3346	0.6857	1.2600	0.5982	0.4607	4.13
3	B	F	0.0638	0.1249	0.1682	0.1488	0.1402	0.1892	0.1459	3.65
3	B	S	0.2537	0.6870	0.4814	1.3760	1.7067	1.0795	0.8138	3.42

Fortsetzung Tabelle 22: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Bison (Bison bison).

3	D	F	0.2446	0.2748	0.1398	0.0976	0.0601	0.0491	0.0486	5.22
3	D	S	1.5690	0.5570	0.3590	1.2650	1.0412	0.8064	0.2504	4.47
3	N	F	0.3215	0.3894	0.2276	0.1445	0.1147	0.0637	0.0743	5.13
3	N	S	1.8388	0.6182	0.3597	1.1008	1.1603	0.5618	0.3397	4.64
3	V	F	0.4305	0.1626	0.1726	0.1034	0.1007	0.1039	0.0774	5.08
3	V	S	1.7837	0.3329	0.3378	1.1404	0.8858	0.5400	0.3119	4.65
4	B	F	0.2171	0.2851	0.3921	0.6049	1.1409	0.5695	0.3638	3.51
4	B	S	0.0052	0.0368	0.0722	0.1132	0.1945	0.1645	0.0542	3.18
4	D	F	0.1681	0.1683	0.0847	0.0426	0.0450	0.0485	0.0367	5.13
4	D	S	1.6623	0.3570	0.3541	0.7018	0.9870	0.3073	0.2161	4.83
4	N	F	0.0903	0.1611	0.0690	0.0344	0.0269	0.0328	0.0390	5.00
4	N	S	0.3651	0.3283	0.1901	0.3731	0.5266	0.3886	0.1650	4.06
4	V	F	0.1910	0.1475	0.0976	0.0410	0.0237	0.0169	0.0266	5.52
4	V	S	1.5977	0.6686	0.3538	0.6475	1.0545	0.3940	0.3202	4.73
5	B	F	0.2653	0.2619	0.1834	0.2296	0.2728	0.2420	0.1469	4.19
5	B	S	0.0274	0.0660	0.0609	0.0934	0.0838	0.0973	0.0441	3.71
5	D	F	1.0158	0.1208	0.1484	0.2225	0.3663	0.1639	0.1507	5.05
5	D	S	0.6202	0.1360	0.2524	0.2939	0.4345	0.2254	0.1178	4.55
5	N	F	0.2006	0.0776	0.0700	0.0924	0.0882	0.0757	0.0492	4.67
5	N	S	0.3370	0.1276	0.0817	0.1322	0.1516	0.1044	0.0427	4.88
5	V	F	1.1912	0.1201	0.1769	0.3512	0.3233	0.2506	0.1209	5.11
5	V	S	0.0768	0.1201	0.0940	0.1246	0.1243	0.1067	0.0326	4.19
6	B	F	0.2432	0.1531	0.1868	0.2548	0.2966	0.2883	0.1448	3.95
6	B	S	0.0000	0.0296	0.0495	0.0736	0.1027	0.0607	0.0353	3.37
6	D	F	1.6804	0.3981	0.1364	0.1788	0.2294	0.2590	0.1045	5.64
6	D	S	2.1018	0.0818	0.2016	0.3979	0.5185	0.1918	0.1855	5.42
6	N	F	1.2964	0.1341	0.1463	0.2048	0.2582	0.1725	0.1803	5.32
6	N	S	0.0195	0.1093	0.1393	0.1216	0.1444	0.1241	0.0929	3.66
6	V	F	2.7992	0.1072	0.1865	0.3031	0.3715	0.2536	0.2034	5.73
6	V	S	0.7101	0.1648	0.1323	0.2596	0.3122	0.1797	0.1424	4.79
7	B	F	0.1683	0.4507	0.4661	0.8708	1.9986	0.5864	0.5882	3.40
7	B	S	0.0041	0.0180	0.0326	0.0867	0.1207	0.1180	0.0441	3.04
7	D	F	1.5917	0.4800	0.4365	0.4362	0.4932	0.3497	0.1814	5.12
7	D	S	1.6971	0.2349	0.3286	0.6617	0.8664	0.3784	0.2802	4.77
7	N	F	0.3712	0.3299	0.1717	0.1205	0.0787	0.0576	0.0572	5.33
7	N	S	3.3450	1.7146	0.3919	0.7500	0.6585	0.5250	0.2641	5.07
7	V	F	1.2099	0.5354	0.3560	0.4688	0.3994	0.3160	0.2040	4.98
7	V	S	0.9660	0.4359	0.2918	0.7750	0.6654	0.5636	0.2626	4.37
8	B	F	0.6026	0.2543	0.6319	0.3996	0.6131	0.5902	0.6332	3.80

Fortsetzung Tabelle 22: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Bison (Bison bison).

8	B	S	0.0440	0.0153	0.0372	0.0704	0.0760	0.0635	0.0325	3.70
8	D	F	0.6362	0.0767	0.1519	0.2021	0.2665	0.1165	0.1538	4.78
8	D	S	0.4710	0.0765	0.0834	0.2317	0.2454	0.2192	0.1272	4.40
8	N	F	0.0688	0.0364	0.0238	0.0248	0.0079	0.0203	0.0220	4.92
8	N	S	0.9552	0.1074	0.3183	0.3808	0.4965	0.2686	0.2391	4.60
8	V	F	1.4975	0.0984	0.1519	0.5614	0.5013	0.2835	0.2060	4.96
8	V	S	0.8273	0.0978	0.2138	0.1999	0.3746	0.2063	0.1536	4.79
9	B	F	0.2357	0.0307	0.0670	0.1590	0.1845	0.2934	0.0639	3.88
9	B	S	3.0916	0.3626	0.1829	0.4486	0.6694	1.1156	0.5980	4.85
9	D	F	1.4337	0.0849	0.0806	0.5441	0.3548	0.5410	0.1931	4.78
9	D	S	0.8571	0.1609	0.2459	0.5886	0.6450	0.6102	0.2167	4.19
9	N	F	0.5255	0.0592	0.1047	0.1222	0.1214	0.2029	0.1146	4.74
9	N	S	1.7637	0.2378	0.3428	0.9685	0.6529	0.8635	0.3828	4.50
9	V	F	0.1774	0.0266	0.0193	0.0313	0.0303	0.0589	0.0455	4.82
9	V	S	2.6876	0.2456	0.4973	0.9782	0.8085	1.0877	0.4165	4.72
10	B	F	0.6288	0.3445	0.3271	0.9129	1.4948	1.5049	0.7091	3.37
10	B	S	0.1019	0.1646	0.2025	0.4821	0.5405	0.4383	0.2553	3.38
10	D	F	1.8304	0.1679	0.2519	0.3004	0.3867	0.3665	0.3365	5.08
10	D	S	2.3736	0.0931	0.3703	0.4730	0.6440	0.5123	0.4073	4.98
10	N	F	1.8198	0.0864	0.1806	0.2466	0.3081	0.2700	0.2462	5.34
10	N	S	0.6430	0.0696	0.1924	0.4206	0.4667	0.3695	0.3072	4.05
10	V	F	2.4464	0.0876	0.2333	0.4264	0.3018	0.5164	0.2088	5.37
10	V	S	1.4764	0.1962	0.2854	0.7667	0.5756	0.4832	0.2815	4.67

Tabelle 23: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) und vom Pansen (P) beim Rotwild (Cervus elaphus).

Nr.	VA	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
1	B	F	0.1051	0.2387	0.1046	0.3721	0.3443	0.5979	0.1625	3.41
1	B	S	0.0045	0.1013	0.2660	0.1207	0.1968	0.2565	0.2503	3.18
1	D	F	2.2425	0.1356	0.5203	0.3122	0.4390	0.4928	0.7578	4.78
1	D	S	2.8914	0.2500	0.4842	0.6511	0.7200	0.7035	0.5568	4.94
1	N	F	1.0335	0.1131	0.4127	0.4125	0.3426	0.4598	0.5441	4.25
1	N	S	1.2072	0.2470	0.6166	0.5317	0.6413	0.8269	0.8989	3.95
1	V	F	2.1606	0.1390	0.4313	0.1929	0.2706	0.5547	0.5721	4.95
1	V	S	1.0297	0.2006	0.5888	0.5192	0.5705	0.7891	0.3314	4.23
2	B	F	0.2628	0.1648	0.4420	0.3789	0.7160	0.6511	0.6014	3.30
2	B	S	0.0004	0.0320	0.0612	0.1484	0.1845	0.0793	0.0469	3.35
2	D	F	1.4504	0.0880	0.2601	0.4220	0.5950	0.6607	0.3823	4.45
2	D	S	2.6220	0.1579	0.5322	1.6691	1.0841	1.0570	0.9162	4.34
2	N	F	3.9782	0.2379	0.8298	0.8678	1.7825	1.7215	0.7611	4.56

Fortsetzung Tabelle 23: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) und vom Pansen (P) beim Rotwild (*Cervus elaphus*).

2	N	S	0.7974	0.0101	0.0377	0.1433	0.2388	0.2164	0.1107	4.93
2	V	F	0.1582	0.0872	0.1429	0.1458	0.2211	0.1084	0.1576	3.88
2	V	S	3.4957	0.1915	0.7395	0.6748	1.2845	0.5158	0.6141	4.99
3	B	F	0.7016	0.0123	0.0284	0.0681	0.0927	0.1162	0.0990	5.37
3	B	S	1.0899	0.0089	0.0950	0.0934	0.2010	0.2033	0.2811	4.98
3	D	F	0.8216	0.0073	0.0322	0.0547	0.0957	0.1043	0.1107	5.53
3	D	S	2.5376	0.1554	0.6320	0.6009	0.7540	0.8505	1.3970	4.28
3	N	F	0.3233	0.0222	0.1081	0.0818	0.1403	0.1514	0.1672	4.18
3	N	S	1.1700	0.1722	0.5715	0.3856	0.6529	0.7254	0.3369	4.33
3	V	F	1.3178	0.0897	0.3577	0.5979	0.5907	0.6140	0.3408	4.42
3	V	S	0.7023	0.0971	0.1768	0.4019	0.4942	0.4751	0.4138	3.92
4	B	F	0.4657	0.0072	0.0242	0.0970	0.1241	0.1502	0.0939	4.76
4	B	S	1.0308	0.0026	0.0295	0.0290	0.1052	0.1902	0.2011	5.28
4	D	F	3.4582	0.4360	0.8113	0.4342	0.6281	0.9864	0.8631	4.90
4	D	S	0.7825	0.5183	0.7397	0.7340	0.9543	0.7880	0.5824	3.97
4	N	F	0.1438	0.0344	0.0918	0.0710	0.1197	0.0713	0.0560	4.28
4	N	S	1.8516	0.5404	1.0110	0.6208	0.7898	0.8826	1.1975	4.22
4	V	F	2.0209	0.2492	0.6115	0.4791	0.5023	0.5550	0.4233	4.89
4	V	S	1.2580	0.3270	0.4458	0.7611	0.7548	0.7640	0.7814	4.05
5	B	F	0.3304	0.1549	0.1782	0.1357	0.3087	0.2943	0.4821	3.54
5	B	S	0.0000	0.0077	0.0401	0.0823	0.1469	0.0757	0.0476	3.04
5	D	F	1.1935	0.1264	0.3096	0.3750	0.5213	0.6854	0.7665	3.99
5	D	S	1.7292	0.1241	0.4688	0.6255	1.3139	0.6051	0.6885	4.24
5	N	F	1.2026	0.2351	0.5837	0.5209	0.5345	0.5810	0.8326	4.10
5	N	S	1.1298	0.2235	0.5744	0.5254	0.6157	0.5702	0.9260	3.97
5	V	F	3.0878	0.2830	0.6578	0.7249	1.6981	0.5993	0.6514	4.73
5	V	S	0.3155	0.1614	0.2370	0.4045	0.5891	0.3434	0.2781	3.74
6	B	F	0.0211	0.0244	0.0318	0.0192	0.0616	0.0668	0.0429	3.33
6	B	S	1.4538	0.0018	0.0168	0.0627	0.2311	0.1445	0.0940	5.79
6	D	F	3.1800	0.1767	0.8416	0.7724	0.9847	1.2069	1.3392	4.39
6	D	S	0.3300	0.1639	0.4453	0.3322	0.3789	0.4228	0.3741	3.76
6	N	F	0.9880	0.1221	0.2110	0.3308	0.4748	0.3209	0.2764	4.54
6	N	S	0.5852	0.2691	0.2443	0.7535	0.9024	0.3980	0.4307	3.87
6	V	F	3.6141	0.1665	0.8281	0.3470	0.5798	0.8352	0.9389	4.95
6	V	S	0.6817	0.1397	0.3344	0.6234	0.7147	0.5146	0.4735	3.85
7	B	F	0.0000	0.0089	0.0335	0.2306	0.4466	0.2831	0.3703	2.49
7	B	S	0.2448	0.0652	0.0748	0.4018	1.0998	0.6721	0.5487	2.99
7	D	F	1.2063	0.2096	0.3001	0.3863	0.4503	0.2720	0.2990	4.78
7	D	S	0.7635	0.3935	0.8485	0.9602	1.1129	1.7343	0.3941	3.70
7	N	F	0.6104	0.1287	0.3564	0.2627	0.3161	0.2541	0.2659	4.38
7	N	S	0.6451	0.5352	0.5710	1.3169	1.8749	1.3218	0.5546	3.62
7	V	F	1.6025	0.4781	1.1689	1.1030	1.5536	1.5583	1.3632	3.79
7	V	S	1.2081	0.1790	0.3904	0.3568	0.3510	0.2267	0.3457	4.83
8	B	F	0.0059	0.0325	0.0736	0.1089	0.1286	0.1338	0.0561	3.24
8	B	S	0.0086	0.2048	0.1298	0.2442	0.3637	0.4814	0.2436	3.11

Fortsetzung Tabelle 23: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) und vom Pansen (P) beim Rotwild (Cervus elaphus).

8	D	F	1.7935	0.2021	0.5736	0.6292	0.9858	0.6091	0.3527	4.60
8	D	S	1.6905	0.2433	0.6215	0.5511	0.9522	0.4068	0.8551	4.35
8	N	F	2.4580	0.3241	0.8768	0.9362	1.1156	1.0452	0.9494	4.37
8	N	S	0.0443	0.0208	0.0557	0.1016	0.1308	0.1123	0.0513	3.46
8	V	F	1.5784	0.0965	0.3706	0.4756	0.5100	0.5667	0.6421	4.41
8	V	S	1.0942	0.1532	0.4687	0.6469	0.9241	0.4195	0.4337	4.24
9	B	F	0.1593	0.0096	0.1255	0.0922	0.1432	0.1772	0.2253	3.41
9	B	S	0.1213	0.1090	0.0982	0.2111	0.3712	0.5796	0.1859	3.16
9	D	F	3.0252	0.0459	0.1788	0.2753	0.3689	0.2893	0.2959	5.68
9	D	S	1.7130	0.0817	0.3782	0.4156	0.6125	0.5517	0.5993	4.50
9	N	F	0.9746	0.0996	0.2696	0.2134	0.3362	0.3231	0.1459	4.83
9	N	S	1.7192	0.0957	0.5210	0.5089	0.6902	0.5897	0.7269	4.38
9	V	F	2.8495	0.2219	0.6885	0.8306	0.7502	0.6788	0.5060	4.93
9	V	S	1.1403	0.0706	0.1588	0.3824	0.5226	0.3847	0.3529	4.45
10	B	F	0.0353	0.0939	0.1112	0.1899	0.2745	0.2427	0.2431	3.09
10	B	S	0.0109	0.0472	0.1329	0.4146	0.3853	0.3491	0.1783	3.11
10	D	F	0.3471	0.0905	0.1366	0.2785	0.3599	0.2274	0.2711	3.84
10	D	S	3.1193	0.3085	1.0802	0.9064	0.9926	1.3252	0.2376	4.84
10	N	F	0.8635	0.1292	0.3060	0.3447	0.5454	0.2541	0.1907	4.58
10	N	S	0.5845	0.2682	0.7547	0.6295	0.7570	0.5833	0.6017	3.84
10	V	F	2.0999	0.1689	0.3939	0.7474	0.6483	0.6232	0.6219	4.62
10	V	S	0.8708	0.2057	0.7094	0.5965	0.7237	0.5261	0.5225	4.09
11	P	F	1.5088	0.0996	0.3909	0.5561	0.5573	0.5984	0.7910	4.22
11	P	S	0.7895	0.1208	0.4402	0.5648	0.5823	0.5378	0.7667	3.76
12	P	F	1.4642	0.3018	0.4653	0.5981	0.5884	0.6251	0.8057	4.25
12	P	S	1.2885	0.4304	1.1379	1.1875	1.0709	0.7497	0.9775	4.05
13	P	F	3.8629	0.3395	0.7440	0.4088	0.4999	0.7725	0.7549	5.18
13	P	S	0.4731	0.0948	0.1444	0.3610	0.3949	0.3214	0.2708	3.95
14	P	F	0.7235	0.1040	0.1493	0.1530	0.1981	0.2265	0.2132	4.70
14	P	S	2.7479	0.9410	1.2728	0.8784	0.8570	1.1175	0.8697	4.66
15	P	F	1.0176	0.0696	0.2689	0.2168	0.3026	0.3797	0.3148	4.57
15	P	S	1.8791	0.2211	0.6019	0.5143	0.6468	0.8173	0.7435	4.40
16	P	F	1.3104	0.1224	0.3475	0.7313	0.8366	0.5673	0.6461	4.13
16	P	S	0.3844	0.1714	0.2478	0.7708	0.9671	0.5710	0.6636	3.38
17	P	F	0.5758	0.1014	0.3330	0.2400	0.3669	0.4647	0.4716	3.82
17	P	S	3.4461	0.6784	0.8906	0.4088	0.7656	1.0680	1.1979	4.72
18	P	F	1.0298	0.1243	0.2680	0.4033	0.4773	0.2948	0.2068	4.68
18	P	S	3.5287	0.5599	0.9064	0.6711	0.7647	0.9674	1.0676	4.79
19	P	F	6.4791	0.2773	1.0040	0.4625	0.4225	0.4904	0.6282	5.81
19	P	S	2.4947	0.1330	0.5186	0.4260	0.3196	0.3707	0.3450	5.34
20	P	F	3.5388	0.2912	0.7067	1.3369	0.7687	0.3835	0.3927	5.24
20	P	S	0.1488	0.1954	0.1765	0.2749	0.1925	0.1147	0.0650	4.34
21	P	F	5.5007	0.4870	1.0420	0.7808	0.8776	0.7907	0.7539	5.35
21	P	S	0.6789	0.1935	0.5509	0.4468	0.4537	0.3764	0.2391	4.36
22	P	F	3.8841	0.4667	1.3126	0.7858	0.7882	0.8654	0.7328	5.04

Fortsetzung Tabelle 23: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) und vom Pansen (P) beim Rotwild (*Cervus elaphus*).

22	P	S	1.5474	0.1653	0.5810	0.3832	0.4081	0.4025	0.3392	4.87
23	P	F	1.2671	0.0295	0.0930	0.2260	0.2894	0.3271	0.3256	4.79
23	P	S	3.0016	0.3879	0.7685	1.3944	2.1206	2.0330	0.7478	4.20
24	P	F	3.1799	0.3403	1.6387	1.2584	0.6779	1.0910	0.6677	4.79
24	P	S	1.1971	0.0068	0.0669	0.1714	0.2471	0.1762	0.1853	5.23
25	P	F	2.6228	0.1518	0.5778	0.7788	1.0575	0.5842	0.6475	4.71
25	P	S	1.7415	0.1346	0.6399	0.8413	0.9047	0.7694	0.8367	4.20

Tabelle 24: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Elch (*Alces alces*).

Nr.	VA	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
1	B	F	0.0224	0.0513	0.2238	0.5099	0.8505	0.4315	0.1246	3.24
1	B	S	0.4421	2.5762	6.9452	6.6888	5.1751	3.3531	0.6139	3.99
1	D	F	10.3505	3.1277	2.8621	2.4076	2.5410	0.3410	2.5212	5.22
1	D	S	1.5864	1.6515	2.2876	1.7311	1.3117	0.8028	0.2700	4.69
1	N	F	5.2899	0.9798	1.8415	1.6027	1.5734	1.0880	0.6545	5.07
1	N	S	1.5146	1.7746	2.1830	2.1842	1.1528	0.7999	0.2953	4.67
1	V	F	10.5994	2.4022	1.8882	2.2756	2.7932	0.6837	0.4254	5.57
1	V	S	0.8598	0.9454	1.7391	1.4638	0.9683	0.5032	0.1381	4.58
2	B	F	0.0133	0.2574	0.0846	0.1218	0.1579	0.1371	0.0231	4.17
2	B	S	0.7333	0.3879	1.5807	0.9092	0.6831	0.4512	0.2719	4.43
2	D	F	4.6348	0.8555	1.1766	1.1692	0.7192	0.5241	0.3044	5.50
2	D	S	6.2681	1.8529	2.6102	2.1529	1.4663	0.4162	0.0379	5.53
2	N	F	10.6555	1.6555	2.5832	2.2250	1.8200	1.0532	0.1377	5.67
2	N	S	5.6489	2.3910	2.2590	2.2508	1.2811	0.4853	0.1609	5.47
2	V	F	10.5574	2.1375	3.7544	2.5784	2.0336	0.8553	0.5864	5.52
2	V	S	1.0688	1.2275	0.6189	0.7676	0.4591	0.2916	0.1024	5.09
3	B	F	0.0351	0.1910	0.2220	0.3076	0.2622	0.2988	0.1630	3.57
3	B	S	0.3098	1.7800	3.0756	3.7982	2.1306	1.0065	0.3305	4.20
3	D	F	7.1452	5.6644	4.7851	3.3225	2.2834	1.6444	0.7403	5.16
3	D	S	6.4552	4.8741	4.2968	3.2623	1.5899	0.8992	0.3636	5.33
3	N	F	7.4719	2.4129	2.6238	2.3351	1.9400	1.3257	0.5444	5.27
3	N	S	8.4615	5.4498	4.0893	4.1394	2.5072	0.6945	0.4479	5.36
3	V	F	8.8060	1.9303	2.2613	1.9377	1.0619	0.9973	0.3033	5.65
3	V	S	5.2555	4.0736	3.2420	3.7267	1.5212	0.7809	0.2764	5.23
4	B	F	0.1119	0.2352	0.4215	0.5019	0.4500	0.4207	0.3552	3.55
4	B	S	0.7742	2.1399	2.7518	2.5017	1.5436	0.9093	0.3539	4.45
4	D	F	10.9457	1.3951	1.2494	1.3860	0.8912	0.9034	0.3153	5.95
4	D	S	4.7536	3.2171	3.9093	2.8607	1.3497	0.9911	0.4373	5.14
4	N	F	6.4653	1.9598	1.4979	1.5587	1.1424	0.5356	0.3260	5.60
4	N	S	5.1015	3.6902	3.6979	2.8615	1.3218	0.8689	0.3402	5.25
4	V	F	8.8192	2.0327	1.7195	1.6720	1.3613	1.5899	0.2444	5.55
4	V	S	2.9497	1.9379	2.4084	1.9927	1.0226	0.6901	0.2969	5.05
5	B	F	0.0000	0.0470	0.4196	0.6144	0.7729	0.7396	0.7521	2.81

Fortsetzung Tabelle 24: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Elch (Alces alces).

5	B	S	0.0119	0.8114	2.1379	3.1951	3.9910	1.8180	1.6862	3.35
5	D	F	0.8933	1.7820	2.2238	1.5747	1.7638	1.5792	0.6119	4.16
5	D	S	1.5498	1.6546	3.2946	3.3060	2.4766	2.2560	0.4040	4.20
5	N	F	2.2857	0.7115	1.2523	1.3848	1.3325	1.3203	0.3093	4.54
5	N	S	1.3056	1.8136	2.8978	3.0031	2.6495	1.7755	0.5008	4.20
5	V	F	3.2064	1.1236	2.5633	2.4380	2.1549	1.4603	0.5810	4.56
5	V	S	0.8125	1.1314	2.3261	2.3000	2.0256	1.4071	1.3195	3.84
6	B	F	0.0867	0.7094	0.6217	2.3772	2.7580	2.0613	1.1271	3.18
6	B	S	0.2582	1.4747	1.6932	2.1969	4.1396	1.2468	1.1181	3.62
6	D	F	6.1649	1.8210	1.8227	2.8889	2.2756	2.1678	0.6980	4.86
6	D	S	2.5082	0.7980	1.3087	2.2896	2.0907	1.6796	0.8994	4.20
6	N	F	2.0550	2.2081	1.9117	2.3140	2.2136	2.0900	0.9141	4.24
6	N	S	2.9904	1.0857	2.2213	2.6339	1.9551	2.1570	0.6458	4.38
6	V	F	6.6902	0.7016	1.2601	1.7406	2.8024	1.4916	0.0482	5.14
6	V	S	1.7509	1.7613	2.3368	2.2377	2.8702	2.2320	0.6105	4.14
7	B	F	0.1582	0.4245	0.8079	0.8637	1.0284	0.6431	0.7347	3.49
7	B	S	0.9503	3.7736	1.3867	2.4127	1.4824	0.9986	0.4436	4.61
7	D	F	7.8250	1.3600	1.6010	1.4284	1.5253	1.0805	0.6323	5.44
7	D	S	15.1430	1.1782	2.0194	1.8446	1.2525	0.7647	0.3345	6.04
7	N	F	2.1298	0.2714	0.4272	0.5481	0.7696	0.3189	0.2928	5.07
7	N	S	18.4369	1.6608	2.0418	2.0530	1.6430	0.8494	0.2253	6.11
7	V	F	10.8128	1.2366	1.4242	1.6429	1.5596	1.2807	0.3209	5.71
7	V	S	15.4187	2.0262	2.2625	1.9108	1.2328	0.8488	0.2606	6.04
8	B	F	0.0078	0.0770	0.1848	0.2111	0.1593	0.1351	0.0572	3.71
8	B	S	0.5960	0.7044	0.9685	1.8899	1.0947	0.5797	0.2979	4.17
8	D	F	11.0358	1.4652	2.0291	1.8644	0.9955	0.6504	0.3106	5.90
8	D	S	4.9116	2.2273	0.7846	0.7875	0.6512	0.2547	0.1200	5.90
8	N	F	17.5584	5.0232	2.6466	1.8384	0.9656	0.4813	0.4223	6.15
8	N	S	4.3523	1.4392	1.2141	0.9122	0.5355	0.3440	0.0123	5.80
8	V	F	17.4737	1.8529	1.8507	2.2524	2.0411	0.4245	0.3434	6.06
8	V	S	5.4856	2.7248	0.6286	0.8480	0.5155	0.2870	0.1519	5.97
9	B	F	0.0291	0.1252	0.3300	0.4520	0.4825	0.5205	0.3835	3.14
9	B	S	0.1185	0.3407	1.9390	3.9474	4.5929	3.9293	0.4671	3.29
9	D	F	3.4925	1.3928	2.2658	2.0828	2.7369	0.8903	0.3537	4.75
9	D	S	0.2904	0.5575	0.7287	1.2095	0.9638	0.9216	0.1913	3.86
9	N	F	6.5645	1.0605	1.4791	1.6752	1.6096	0.9228	0.3112	5.39
9	N	S	2.2250	0.9586	1.9598	2.3716	2.0242	1.6431	0.3272	4.37
9	V	F	5.1059	1.2533	1.1493	1.0896	0.9710	0.9964	0.0770	5.48
9	V	S	0.7776	1.7956	2.1993	1.7934	2.1054	1.4726	0.0441	4.29
10	B	F	0.1320	0.3889	0.6832	0.9270	1.2230	1.2270	0.6253	3.29
10	B	S	1.6781	2.9437	5.7584	5.0164	3.7324	1.2819	0.7001	4.39
10	D	F	7.3789	2.4573	4.0039	4.1880	3.0990	2.7250	0.4744	4.87
10	D	S	1.7041	0.9209	1.3464	1.9190	1.1753	0.8944	0.2610	4.55
10	N	F	3.0664	1.0158	0.9795	1.1508	0.8961	0.6878	0.3916	5.07
10	N	S	3.1291	2.2920	3.0632	3.0450	0.0000	1.5673	0.5048	4.91

Fortsetzung Tabelle 24: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Elch (Alces alces).

10	V	F	6.1001	1.3581	2.5947	2.6663	2.2554	1.8002	0.9005	4.85
10	V	S	1.6032	1.5901	2.1846	1.4480	1.9290	0.9177	0.3925	4.52
11	B	F	0.0302	0.0219	0.0558	0.1173	0.1238	0.0879	0.0752	3.35
11	B	S	0.7038	1.0252	1.1558	2.4846	2.5027	0.5662	0.4650	4.03
11	D	F	3.2321	0.6026	0.4030	0.6540	0.7278	0.4166	0.3142	5.39
11	D	S	8.7491	2.6145	4.0372	2.7984	2.2901	1.3315	0.1165	5.38
11	N	F	1.5356	0.5879	0.4930	0.4038	0.4293	0.3923	0.1509	5.15
11	N	S	11.4050	1.7843	2.0128	3.2747	3.0328	0.7542	0.4233	5.50
11	V	F	3.7107	0.5427	0.6904	0.6961	1.0192	0.3851	0.3243	5.38
11	V	S	10.1103	2.0910	2.7354	3.5615	2.7842	0.7306	0.3744	5.42
12	B	F	0.4768	0.6876	1.2716	1.7145	0.8293	2.1244	0.3545	3.72
12	B	S	0.1203	0.3976	2.1164	2.3376	2.2468	1.8451	0.9858	3.44
12	D	F	9.5951	0.4067	0.8970	1.4741	1.5318	1.9969	0.3223	5.48
12	D	S	2.3031	2.0002	1.2884	1.1621	1.2619	0.7185	0.4360	4.89
12	N	F	4.7672	0.6449	0.7213	1.1355	0.7764	1.0240	0.3163	5.34
12	N	S	0.8967	0.4647	0.7812	1.2112	0.8930	0.7449	0.4047	4.15
12	V	F	4.2294	1.6707	1.4709	0.8300	1.3790	1.2024	0.9158	4.94
12	V	S	3.1672	0.7001	1.0312	1.6963	1.4648	1.5590	0.3078	4.65
13	B	F	0.0092	0.1383	0.6933	0.7033	0.5173	0.5535	0.2313	3.54
13	B	S	0.3683	3.1140	6.8692	7.8455	4.8176	2.5731	1.2745	4.02
13	D	F	6.4958	2.8054	2.0111	2.1671	1.3318	0.4848	0.3439	5.52
13	D	S	6.2831	2.9274	5.1124	3.7480	1.9798	0.9904	0.2110	5.19
13	N	F	5.7596	2.1716	2.0555	1.4395	1.0859	0.6467	0.3968	5.48
13	N	S	7.0029	4.1346	5.2563	3.8659	2.6831	1.0762	0.3152	5.18
13	V	F	10.3178	2.4714	2.2623	2.1720	2.1151	0.5343	0.4058	5.66
13	V	S	6.1448	4.1429	3.8610	3.3147	1.4695	0.8366	0.3221	5.32
14	B	F	0.0356	0.0500	0.2703	0.6647	0.8927	0.7838	0.2699	3.06
14	B	S	0.7583	0.4291	2.0767	3.7174	3.1111	1.9811	0.1006	3.82
14	D	F	1.5735	0.6488	0.7562	0.7825	0.6666	0.7715	0.1305	4.78
14	D	S	2.6049	2.3771	5.2047	4.3689	2.9771	2.3965	0.6082	4.40
14	N	F	2.8702	3.1496	6.3291	5.0598	3.5707	1.6750	0.0242	4.63
14	N	S	0.5009	0.4685	0.4923	0.7013	0.9873	1.3229	0.3993	3.61
14	V	F	1.5067	1.1518	1.5968	1.9839	2.1952	2.0206	0.0388	4.20
14	V	S	1.6133	1.8457	3.9623	4.0376	2.8673	1.4235	0.3291	4.36
15	B	F	0.2733	0.2899	0.3344	0.9807	0.8949	0.9030	0.6380	3.33
15	B	S	0.7471	1.6818	3.1581	3.7742	1.7677	1.3786	0.3272	4.25
15	D	F	6.2963	0.4668	0.9508	1.3751	1.3431	0.8493	0.1851	5.50
15	D	S	2.1586	0.7118	0.9259	1.1472	0.7343	0.6139	0.4179	4.84
15	N	F	3.7318	0.1907	0.3681	0.6199	0.5285	0.5111	0.2027	5.59
15	N	S	1.9113	0.4151	1.0079	0.8967	0.6517	0.4155	0.2225	4.98
15	V	F	7.0758	0.4848	1.0612	1.0224	0.7609	0.9754	0.2455	5.70
15	V	S	0.7707	0.6395	1.1795	1.1638	0.7194	0.4732	0.2711	4.44
16	B	F	5.3833	0.7504	0.9003	0.8548	0.7223	0.7566	0.3256	5.58
16	B	S	15.9878	5.3336	5.1658	3.4509	1.6594	0.9562	0.4242	5.79
16	D	F	0.1306	0.6587	1.7642	1.5794	1.5666	0.5573	0.5300	3.88

Fortsetzung Tabelle 24: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion von einzelnen Vormagenabschnitten (VA; B = Blättermagen, D = dorsaler Pansen, N = Netzmagen, V= ventraler Pansen) beim Elch (Alces alces).

16	D	S	0.2348	0.5771	1.4733	1.9389	0.7370	0.3726	0.2078	4.22
16	N	F	13.0141	3.8412	1.8623	1.7979	1.7297	0.3800	0.4984	5.93
16	N	S	13.9347	4.5678	3.1189	2.3923	0.9890	0.8028	0.2896	5.94
16	V	F	5.0946	1.4750	1.4188	1.1360	0.9618	0.5066	0.3308	5.53
16	V	S	18.7220	6.8694	3.8785	3.2320	1.4019	0.9754	0.3821	5.95
17	B	F	0.0095	0.1265	0.4530	1.3775	1.6681	1.3854	0.0190	3.25
17	B	S	0.1400	0.5345	2.1556	5.3406	3.9635	3.5061	0.0166	3.53
17	D	F	6.7591	0.9322	2.2933	1.4532	1.5103	1.1559	0.9747	5.17
17	D	S	1.5654	1.3286	3.0303	3.0660	2.0166	0.8999	0.1019	4.52
17	N	F	5.2161	1.1522	1.4039	1.7096	1.2422	1.2290	0.4797	5.14
17	N	S	1.2887	1.3585	2.1781	2.4415	1.8198	0.9220	0.0000	4.51
17	V	F	8.6414	1.9177	2.4493	2.6219	2.5483	1.4415	0.3133	5.30
17	V	S	0.7870	1.2847	1.9178	2.1521	1.0794	0.7078	0.2573	4.44
18	B	F	0.0011	0.0261	0.4804	2.2273	2.7225	1.9488	0.3549	3.08
18	B	S	0.0000	0.0556	3.3819	5.4709	4.5177	3.0079	0.7540	3.46
18	D	F	2.2952	2.6226	2.2873	3.3613	3.7606	3.1453	0.7345	4.12
18	D	S	0.8826	1.3450	3.5674	3.0001	2.1975	1.0418	0.1979	4.33
18	N	F	1.5892	1.7285	2.1665	2.2575	2.5341	2.9211	0.6206	4.01
18	N	S	1.3348	2.2439	3.6275	3.8642	3.0378	2.6583	0.3360	4.16
18	V	F	1.4541	1.8711	1.8186	1.3888	1.8438	1.2875	0.5633	4.37
18	V	S	1.1618	3.1296	4.5999	2.5695	3.1208	1.5434	1.6271	4.18

Tabelle 25: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion im Pansen beim Mufflon (Ovis ammon musimon).

Nr.	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
1	F	3.9097	0.1652	0.6123	0.4245	0.5801	0.4704	0.7616	5.28
1	S	3.1361	0.2551	1.0447	0.9510	1.0168	0.6512	0.6767	4.86
2	F	1.2131	0.0537	0.1712	0.2406	0.4191	0.3220	0.1261	4.97
2	S	2.7464	0.4124	1.9236	2.4665	3.2461	1.4456	0.5644	4.25
3	F	1.8905	0.1334	0.3204	0.4464	0.5188	0.6612	0.3068	4.82
3	S	1.5876	0.3878	0.5272	1.7416	2.2490	1.8811	1.3960	3.58
4	F	2.0201	0.0457	0.1570	0.2781	0.2952	0.2531	0.1650	5.56
4	S	5.6108	0.3108	0.6874	0.8499	0.9318	0.5204	0.4511	5.58
5	F	2.0978	0.0752	0.2734	0.2712	0.3482	0.4644	0.2853	5.20
5	S	1.8715	0.3862	0.7327	1.8903	3.4239	0.8428	0.6776	4.00
6	F	1.8475	0.0214	0.1249	0.2478	0.3133	0.3038	0.2472	5.30
6	S	4.7553	0.0675	0.6030	0.9361	0.8948	0.9689	0.6015	5.17
7	F	1.4095	0.1724	0.3520	0.5275	0.6973	0.6758	0.4530	4.35
7	S	2.0917	0.5447	1.2197	2.0498	2.1747	0.9103	0.8639	4.20
8	F	3.0828	0.2051	0.7000	0.6477	0.5547	0.6351	0.2847	5.26
8	S	2.2293	0.7823	2.0499	1.6921	1.7069	1.1767	0.9749	4.31
9	F	2.1105	0.3094	0.4559	0.5106	0.6731	0.6349	0.5315	4.74

Fortsetzung Tabelle 25: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion im Pansen beim Mufflon (Ovis ammon musimon).

9	S	5.6823	0.6967	2.2584	2.3692	2.1466	1.7131	1.3183	4.69
10	F	2.1816	0.0212	0.1086	0.2006	0.3164	0.3371	0.2306	5.48
10	S	2.1040	0.3979	0.9926	1.1764	2.0196	0.6995	0.3209	4.48
11	F	0.6166	0.0698	0.0525	0.0808	0.2298	0.2645	0.2212	4.40
11	S	3.8045	0.1825	1.1020	1.8690	2.2570	1.3616	0.5642	4.56
12	F	0.5632	0.0116	0.0316	0.0351	0.1261	0.1350	0.1517	4.85
12	S	3.9584	0.1906	0.7338	0.7411	0.8205	0.5675	0.6819	5.17
13	F	2.7554	0.1443	0.3248	0.4294	0.5089	0.5645	0.4091	5.17
13	S	3.5165	0.4205	1.6603	2.9654	2.2927	1.4068	1.1172	4.34
14	F	4.9191	0.8355	1.4660	1.1967	1.3556	1.5763	1.2944	4.75
14	S	0.4875	0.2415	0.4185	1.0035	1.0147	0.5841	0.6390	3.60
15	F	3.7413	0.7531	1.2032	1.1445	1.6293	0.5836	0.3620	5.07
15	S	1.1530	0.0954	0.4140	0.7999	0.5390	0.2706	0.2820	4.60
16	F	5.1935	0.2284	0.6721	0.6268	0.7379	0.6265	0.7730	5.40
16	S	1.4861	0.0465	0.2906	0.5515	0.6213	0.3843	0.2600	4.73
17	F	2.8614	0.5913	0.7471	0.6910	0.5737	0.5612	0.6553	5.03
17	S	1.5191	0.2290	0.7145	1.4607	0.9999	0.6611	0.4215	4.36
18	F	1.8215	0.4255	0.6797	0.8712	0.9069	0.5596	0.7581	4.45
18	S	0.2493	0.2023	0.6006	1.5061	1.5314	1.0651	0.7276	3.30
19	F	2.3233	0.4776	0.5591	1.1451	0.7904	0.6899	0.6493	4.66
19	S	1.3348	0.2185	0.5129	1.1270	0.9705	0.6176	0.4947	4.24

Tabelle 26: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion im Pansen beim Reh (Capreolus capreolus).

Nr.	F oder S	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	MOF
1	F	1.3279	0.3595	0.9525	0.5114	0.4873	0.3250	0.4561	4.71
1	S	1.0872	0.4021	1.2886	0.5314	1.0726	0.3141	0.4157	4.47
2	F	0.6657	0.4861	0.8318	0.6381	0.6794	0.3398	0.4478	4.27
2	S	0.4760	0.7577	0.7209	0.9518	0.6510	0.4022	0.2495	4.35
3	F	0.0229	0.0092	0.0222	0.0385	0.0829	0.0711	0.0550	3.07
3	S	2.3721	0.5790	1.2092	1.0680	0.9679	0.8805	0.3873	4.75
4	F	0.0283	0.0061	0.0690	0.1421	0.2320	0.2491	0.3127	2.55
4	S	0.1646	0.4405	0.8736	0.7940	1.1032	0.8571	0.9132	3.36
5	F	1.0198	0.5638	1.3357	1.0367	1.1075	0.9203	1.4633	3.76
5	S	0.0048	0.0064	0.0700	0.2811	0.3945	0.2788	0.1831	2.85
6	F	0.9198	0.2226	0.4789	0.5088	0.5722	0.3368	0.4420	4.32
6	S	0.5506	0.6634	1.3860	0.8651	1.0250	0.7538	0.9549	3.83
7	F	0.3619	0.1628	0.1037	0.1666	0.2714	0.3717	0.1724	3.99
7	S	0.5437	0.5318	0.9444	0.6596	0.6795	0.7031	1.0613	3.68
8	F	0.9041	0.7922	0.9330	0.5960	1.1624	0.4503	0.6144	4.24

Fortsetzung Tabelle 26: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion im Pansen beim Reh (Capreolus capreolus).

8	S	0.0083	0.0512	0.4037	0.4143	0.5914	0.4255	0.4424	3.04
9	F	0.8824	0.1274	0.4935	0.4639	1.0167	0.9246	0.3484	3.88
9	S	1.4535	0.4668	2.8700	4.8778	2.1713	0.6216	0.3972	4.28
10	F	2.3968	0.1151	0.4499	0.5541	0.5295	0.4547	0.5787	4.92
10	S	0.0372	0.0204	0.0670	0.1898	0.2064	0.1674	0.1388	3.11
11	F	0.7892	0.3517	0.2970	0.3916	0.4641	0.3283	0.5725	4.17
11	S	0.0238	0.1647	0.3790	0.3458	0.5036	0.3242	0.4007	3.26
12	F	1.6334	0.6930	0.9749	0.9572	1.2323	0.7749	0.5756	4.40
12	S	0.4800	0.2868	0.5966	1.2039	0.9764	0.5363	0.3630	3.88
13	F	1.9546	0.9810	0.6697	0.6441	0.5984	0.4453	0.9536	4.66
13	S	0.0000	0.0379	0.0754	0.2123	0.3308	0.2487	0.1391	2.95
14	F	0.4284	0.2179	0.1968	0.2335	0.2979	0.2033	0.3059	4.16
14	S	0.7955	0.8773	0.6618	0.8120	0.8362	0.5634	0.7846	4.09
15	F	0.0245	0.0103	0.0178	0.0299	0.0828	0.0599	0.0596	3.05
15	S	0.9229	1.6533	1.1127	0.6014	0.9419	0.1882	1.0166	4.44
16	F	0.7927	0.0359	0.1100	0.1919	0.2562	0.2733	0.2402	4.55
16	S	0.3103	0.2085	0.5134	0.6692	0.7178	0.6215	0.8218	3.34
17	F	1.7821	0.7402	0.5086	0.2394	0.3223	0.4888	0.9952	4.60
17	S	0.0066	0.0316	0.6672	0.2880	0.5185	0.4029	0.5624	3.09
18	F	0.4437	0.2109	0.7047	0.2701	0.4481	0.4726	0.9246	3.51
18	S	0.1829	0.3411	1.2635	0.4685	0.6808	0.5254	0.9747	3.51
19	F	1.0575	0.5152	0.6376	0.3654	0.4330	0.4935	0.9739	4.11
19	S	0.1798	0.2738	0.6615	0.3071	0.3403	0.3791	0.4233	3.76
20	F	1.5538	0.3383	0.7883	0.5460	0.7342	0.8345	1.9622	3.68
20	S	0.3672	0.0293	0.0504	0.2403	0.3136	0.4642	0.1875	3.64
21	F	0.3010	1.3138	1.3832	0.4503	0.3977	0.5067	0.5570	4.37
21	S	0.0032	0.0079	0.0615	0.2200	0.3043	0.2619	0.2235	2.70
22	F	1.1666	0.6914	1.0881	0.5668	0.3562	0.5298	1.4869	4.02
22	S	0.0055	0.0089	0.0277	0.0881	0.2512	0.1808	0.2615	2.38
23	F	0.1006	0.2830	0.7861	0.4282	0.3794	0.4786	1.1250	3.15
23	S	0.0233	0.0057	0.1533	0.4065	0.5136	0.4260	0.5036	2.70
24	F	0.2712	0.2821	0.4734	0.2050	0.2148	0.2416	0.3698	4.02
24	S	0.0289	0.3551	0.9136	0.6331	0.7121	0.5755	0.9397	3.29
25	F	0.4216	0.2596	0.2370	0.1920	0.2845	0.5000	0.1910	4.08
25	S	0.0347	0.2670	0.8365	0.4682	0.7463	0.6019	0.4032	3.50
26	F	2.5305	0.7017	0.7727	0.6148	0.4121	0.5408	1.2747	4.65
26	S	0.0124	0.0722	0.3459	0.3219	0.3820	0.3715	0.3316	3.13
27	F	0.7883	0.5249	0.7402	0.8813	1.0471	0.8121	0.7839	3.84
27	S	0.4519	0.0164	0.0809	0.2883	0.3778	0.2426	0.2194	3.97
28	F	1.0163	0.2417	0.3924	0.4765	0.4208	0.3432	0.2168	4.70

Fortsetzung Tabelle 26: Auf den einzelnen Sieben retinierte Trockensubstanzmenge-Menge (g) und Modulus of Fineness(MOF)-Werte für die flotierende (F) und sedimentierende (S) Fraktion im Pansen beim Reh (*Capreolus capreolus*).

28	S	0.1835	0.1692	0.6707	0.7338	0.7389	0.5587	0.5334	3.47
29	F	0.1876	0.2257	0.2630	0.1843	0.2086	0.2868	0.2047	3.92
29	S	0.0486	0.8826	1.0564	0.6454	0.3681	0.4371	0.5173	4.04

Tabelle 27: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft von der Mendesantilope (*Addax nasomaculatus*).

Nr.	TS %	Viskosität (cp)	Protein % TS
7	1.46	1.428	4.5*
8	1.46	1.410	
9	1.50	1.344	
10	1.38	1.374	
11	1.50	1.668	
12	1.28	1.404	

* Sammelproben

Tabelle 28: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft vom Bison (*Bison bison*).

Nr.	TS %	Viskosität (cp)	Protein % TS
1	1.38	1.512	2.1*
2	1.51	1.392	2.7*
3	1.25	1.362	
4	1.46	1.416	
5	1.50	1.608	
6	1.32	1.350	
7	1.64	3.060	
8	1.57	1.920	
9	1.22	1.620	
10	1.66	1.332	

*Sammelproben

Tabelle 29: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft vom Rotwild (*Cervus elaphus*).

Nr.	TS %	Viskosität (cp)	Protein % TS
1	2.06	1.710	5.2*
2	2.00	1.530	5.8*
3	2.25	1.650	4.8*
4	2.23	1.704	7.8*
5	2.14	1.656	5.3*
6	2.30	2.220	4.8*
7	2.12	1.470	3.5*
8	2.00	1.512	

Fortsetzung Tabelle 29: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft vom Rotwild (Cervus elaphus).

9	2.04	1.584	
10	2.09	1.596	
11	2.20	1.626	
12	2.08	1.422	
13	2.20	1.626	
14	2.15	1.404	
15	2.12	2.016	
16	1.98	1.464	
17	1.97	1.452	
18	2.03	1.584	
19	2.06	2.202	
20	2.16	1.722	
21	1.99	2.040	
22	2.06	1.398	
23	2.05	1.518	
24	2.07	1.482	

*Sammelproben

Tabelle 30: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft vom Elch (Alces alces).

Nr.	TS %	Viskosität (cp)	Protein % TS
1	1.99	1.956	4.6
2	1.88	2.148	6.2
3	3.33	27.540	4.6
4	2.42	7.470	10.7
5	3.33	27.810	25.4
6	2.45	7.240	17.4
7	2.07	2.190	6.4
8	2.00	2.868	8.0
9	2.16	3.132	11.0
10	1.83	2.178	9.7
11	1.93	2.400	10.6
12	2.05	2.406	
13	1.94	3.030	10.0
14	1.91	2.136	8.8
15	1.81	1.632	
16	1.90	2.118	5.1
17	1.86	2.310	5.9
18	1.73	1.464	4.5
19	1.96	2.022	12.7
20	2.40	11.340	5.2

Fortsetzung Tabelle 30: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft vom Elch (*Alces alces*).

21	2.06	7.040	8.8
----	------	-------	-----

Tabelle 31: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft vom Mufflon (*Ovis ammon musimon*).

Nr.	TS %	Viskosität (cp)	Protein % TS
1	2.07	1.440	6.3*
2	2.13	1.656	3.5
3	2.21	1.872	
4	1.96	1.518	0.5
5	2.12	1.800	0.1
6	2.04	1.590	3.0
7	2.10	1.848	1.4
8	2.08	1.866	2.2
9	2.06	1.836	4.8
10	2.20	1.584	2.6
11	2.12	1.506	0.0
12	2.09	1.986	4.0*
13	1.93	1.734	
14	2.15	2.640	3.2*
15	2.06	2.268	
16	2.10	1.680	
17	2.04	2.106	
18	1.98	1.698	
19	2.04	2.154	

*Sammelproben

Tabelle 32: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft vom Reh (*Capreolus capreolus*).

Nr.	TS %	Viskosität (cp)	Protein % TS
1	3.07	6.950	23.2*
2	2.90	4.002	16.8*
3	3.17	4.416	13.4*
4	2.73	3.546	22.2*
5	2.67	3.099	16.7*
6	2.71	3.198	18.4*
7	2.43	2.514	12.1*
8	2.65	2.400	
9	2.63	2.574	
10	3.03	3.324	
11	2.37	1.902	
12	2.24	2.340	

Fortsetzung Tabelle 32: Trockensubstanzgehalt (TS), Viskosität und Proteingehalt (% TS) vom Pansensaft vom Reh (Capreolus capreolus).

13	2.94	4.164	
14	2.35	2.322	
15	2.45	2.016	
16	3.00	6.760	
17	2.28	2.142	
18	2.24	1.812	
19	2.33	2.868	
20	2.51	2.352	
21	3.24	4.452	
22	2.61	2.526	
23	2.41	2.028	
24	2.29	2.010	
25	2.60	2.208	
26	3.35	5.160	

* Sammelproben

Tabelle 33: Nährstoffzusammensetzung der drei Futterrationen für die fistulierten Ochsen

	Frisches Gras	Luzerneheu	Grasheu
TS (g/kg)	201	887	880
Rohasche (% TS)	11.5	10.9	7.8
Rohprotein (% TS)	13.1	20.0	8.5
Rohfett (% TS)	n.a.	1.8	2.5
Neutrale Detergenzfaser (% TS)	47.3	42.2	52.1
Saure Detergenzfaser (% TS)	28.6	28.8	32.0

X. Danksagung

Diese Arbeit wurde gefördert durch Mittel der Deutschen Wildtierstiftung e. V.

Hiermit möchte ich allen Personen, die bei der Entstehung dieser Arbeit beteiligt waren, ganz herzlich danken. Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. Jean-Michel Hatt für das Überlassen des Themas und die Übernahme des Referats.

Herrn Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum für die Kooperation bei der Studie mit den fistulierten Ochsen seines Instituts und die Übernahme des Korreferats.

Herrn Dr. Marcus Clauss, ohne dessen Betreuung und Hilfe in allen Phasen dieser Arbeit diese nicht hätte entstehen können.

Herrn Dr. Jürgen Hummel für die Probennahme bei den Ochsen.

Herrn Dr. Jürgen Streich vom Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) Berlin für die statistische Auswertung der Daten.

Den Tierpflegern Uli, Gabi, Adrian und Frau Stadler von Oberwiesefeld für ihre äusserst hilfsbereite Art bei allen Fragen zur Probenbearbeitung.

Sabine Simmel aus Oberschleissheim für die Hilfe bei der Bearbeitung der Pansensaftproben.

Herrn Hesselbach, der mir die Geräte in Oberschleissheim bereitstellte, diese erklärte und mir in jeder Notlage weiterhalf.

Herrn und Frau Wiesheu, den Besitzern des Bisonzuchtbetriebes in Sickenhausen für die Erlaubnis des Beprobens der geschlachteten Tiere.

Stefan, dem Metzger des Bisonschlachtbetriebes und seinem Gehilfen für das zügige Ausweiden der Tiere. Ohne Stefans Hilfe hätte ich mangels Kraft die Proben nicht nehmen können und wäre nicht rechtzeitig über die Schlachtungen informiert worden!

Meiner Schwester Anja für die Hilfe bei allen Fragen zur Formatierung und ihren Glauben an mich.

Meiner Schwester Julia für ihr immer offenes Ohr und ihre liebevolle Art, wenn ich in einer schlechten Phase steckte.

Meinen wunderbaren Eltern für ihre Ermunterungen, Zusprache und ihre Hilfe bei Übersetzungsschwierigkeiten, Formatierungen und dem Korrekturlesen.

Basti für die Unterkunft in Zürich und die Bewirtung in dieser Zeit.

Meinen Freunden, insbesondere Christina.

Oli, an den ich meinen Dank nicht in Worte fassen kann.

Lebenslauf

Name	Dorothee, Bayer
Geburtsdatum	2. März 1979
Geburtsort	München
Nationalität	Deutsch
1985 – 1989	Grundschule Gröbenzell, Deutschland
1989 – 1998	Gymnasium Gröbenzell, Deutschland
1998	Abitur Gymnasium Gröbenzell, Deutschland
1999 – 2005	Studium der Veterinärmedizin an der LMU München, Deutschland
Januar 2005	3. Staatsexamen Veterinärmedizin an der LMU München, Deutschland
2005 – 2007	Doktorarbeit an der Abteilung für Zoo-, Heim- und Wildtiere, Departement für Kleintiere, Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich, Schweiz
April- Juli 2005	Hospitanz in der Kleintierklinik in Weilheim, Deutschland
seit Sept. 2005	Internship/Assistenz in der Gemeinschaftspraxis Haas und Link in Germering, Deutschland